Rheographische Untersuchungen über den Effekt physikotherapeutischer Verfahren auf die Durchblutung der unteren Extremitäten

von

FRITZ SPELSBERG

1962

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546810_0091

Institut und der Poliklinik für Physikalische Therapie
und Röntgenologie der Universität München
(Rieder-Institut)
Direktor: Prof.Dr.med. H.v.Braunbehrens

Rheographische Untersuchungen über den Effekt physikotherapeutischer Verfahren auf die Durchblutung der unteren Extremitäten

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfasst und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Fritz S p e l s b e r g

aus

Hohenlimburg

1962

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Berichterstatter: Professor Dr. U. S c h n e i d e r

Mitberichterstatter: Professor Dr. H. v. B r a u n - b e h r e n s

Dekan: Professor Dr. W. S e i t z

Tag der mündlichen Prüfung: 13. März 1962

Fotodruck: Mikrokopie G.m.b.H. München 2, Weinstr. 4

Inhaltsverzeichnis

Seite

A) Einleitung und Aufgabe 4

B) Geschichte

1. Kohlensäure-Trockengas-Teilbad 6
2. Saugstiefelbehandlung 8
3. Bindegewebsmassage 1o

C) Methodik

1. Entwicklung der Rheographie 11
2. Prinzip der Rheographie und Differential-rheographie 13
3. Eichung der rheographischen Kurve und der Differentialkurve 14
4. Rheograph und Cardirex 15
5. Elektroden und Elektrodenanlage 16
6. Lagerung des Patienten zur Rheographie 17
7. Registrierung 17
8. Versuchspersonen 19
9. Versuchsvorbereitung 19
1o. Behandlungsprinzip 2o
11. Standardisierung der Behandlungsmethoden
   a) Kohlensäure-Trockengas-Teilbad 2o
   b) Saugstiefelbehandlung 21
   c) Bindegewebsmassage 22
12. Standardisierung der Registratur 23
13. Zusatzversuche
   a) Zur Temperatur beim Kohlensäure-Trockengas-Teilbad 25
   b) Zur Saugstiefelbehandlung 25
14. Methodik der Auswertung 26

Seite

D) Ergebnisse der eigenen Untersuchungen

1. Allgemeine Gesichtspunkte 28
2. Kohlensäure-Trockengas-Teilbad 3o
3. Saugstiefelbehandlung 34
4. Bindegewebsmassage 51

E) Fehlerrechnung und Statistik

1. Allgemein 58
2. Fehlerquellen
   a) Messinstrumente 58
   b) Abmessung und Ablesung der Werte mit Abschätzung der Ablesegenauigkeit 58
   c) Schwankungen vonseiten des Patienten 59
3. Durchführung der Fehlerrechnung an einem Beispiel
   a) Mittelwert 6o
   b) Mittlerer Fehler der Einzelmessung 62
   c) Mittlerer Fehler des Mittelwertes x 63
   d) Ergebnis 64
   e) Maximaler Fehler 64
   f) Zusammengesetzte Fehler
      α) Gesamtfehler nach Fehlerfortpflanzungsgesetz 65
      ß) Näherung 67
   g) Mathematisch-statistisches Prüfverfahren an neun Einzelversuchen
      α) Absolute mittlere Fehler der relativen Zu- oder Abnahme 69
      ß) Neun Beispiele 71
   h) Statistische Auswertung von 45o Messreihen 84

Seite

i) Fehlerrechnung bzw. Statistik der einzelnen Gruppen
α) Beispiel 84
ß) Gruppen bei Kohlensäure-Trockengas-Teilbad 88
γ) Gruppen bei Saugstiefelbehandlung 92
δ) Gruppen bei Bindegewebsmassage 96

F) Besprechung von Methodik und Ergebnissen (Diskussion)

1. Behandlungsmethodik 1oo
2. Rheographie 1o1
3. Kohlensäure-Trockengas-Teilbad 1o5
4. Saugstiefelbehandlung 11o
5. Bindegewebsmassage 113

G) Zusammenfassung und Ausblick 117

H) Schrifttum 119

Lebenslauf 136

A) Einleitung und Aufgabe

Neben dem Krebs stellen die peripheren arteriellen Durchblutungsstörungen der unteren Extremitäten auf dem Boden der Endangiitis obliterans bzw. der Arteriosklerose und die aus dem Formenkreis der Angioneuropathien eines der vordringlichsten Probleme sowohl in medizinischer als auch sozialpolitischer Hinsicht durch die oft recht frühzeitig erheblich herabgeminderte Erwerbsfähigkeit dar.- Angiopathien und Karzinomerkrankungen sind die häufigsten Todesursachen der westlichen Bevölkerung. Todesursachen-Statistiken der USA zeigen, dass an erster Stelle bei Todesfällen die Herz- und Gefässerkrankungen stehen.

Nach einer Erhebung von SCHERF und BOYD (151) starben 54,6 Prozent der Patienten mit einer obliterierenden Arteriosklerose der Beingefässe nach einem dreijährigen Intervall. Viele Autoren - KAINDL (79), BRÜCKEL, BERG, BERGER, JOBST, KOMMERELL, KREBS und SCHETTLER (17) u.a. - stellten eine deutliche Zunahme der degenerativen Arteriopathien fest. SCHETTLER (152) kann allerdings aus dem sehr umfangreichen Material der Pathologisch-anatomischen Institute Marburg und Basel "zwischen 1939 und 1953 keine allgemeine und kontinuierliche Zunahme der Arteriosklerose erkennen", auch nicht eine solche nach der Währungsreform in Deutschland.

Die Zahl der Veröffentlichungen über Gefässerkrankungen und deren Therapie ist von Jahr zu Jahr in sprunghaftem Zunehmen begriffen. Trotzdem besteht weder eine einheitliche Auffassung über die Pathogenese noch über die Therapie - eine kausale Therapie existiert noch nicht - der arteriellen Durchblutungsstörungen.

Mit einer Vielzahl von medikamentösen und chirurgischen Mitteln, ergänzt durch physikalisch-therapeutische Massnahmen oder mit letzteren allein, werden die peripheren arteriellen Zirkulationsstörunggen bekämpft (Leriche-Brüningsche Operation, Thrombendarteriektomie, Gefässresektionen und -Transplantationen, Sympathektomien, Applikation gefässerweiternder chemischer Mittel, Frischzellen, Röntgenbestrahlung der Ganglien, Allgemeinbehandlung, ansteigende Teilbäder, Synkardiale Massage, Bindegewebsmassage, Kohlensäurebä-

der, Saug-Druckstiefelbehandlung, Saugstiefelbehandlung usw.).

Die von ZETTLER (176) durchgeführten langfristigen Nachuntersuchungen bei arteriellen Durchblutungsstörungen der Beine bis zu zehn Jahren an über zweihundert Patienten haben "die Fragwürdigkeit aller konservativen Heilmethoden und Palliativoperationen gezeigt". Eine Amputation ist häufig trotz der vielen aufgeführten Therapeutika, die neue Exazerbationen nicht mit Sicherheit verhindern können, unumgänglich.

Im Rieder-Institut in München werden bei peripheren arteriellen Durchblutungsstörungen der unteren Extremitäten schon seit vielen Jahren das Kohlensäure-Trockengas-Teilbad, die Bindegewebsmassage und die Saugstiefelbehandlung angewendet. Die vorliegenden Untersuchungen und Erfahrungsberichte vieler Autoren, auf die im folgenden noch näher eingegangen wird, haben über den Erfolg oder Misserfolg und vor allen Dingen über den Wirkungsmechanismus dieser drei Therapieformen bisher kein einheitliches und vollständig befriedigendes Bild zu bringen vermocht.

Von den derzeit bekannten Untersuchungsmethoden, wie z.B. radioaktive Clearance (KETY [89]), Kapillarmikroskopie, Angiographie, Venenverschluss-Plethysmographie (HESS [64], [65]), Photoelektrische (METZ [116]) und Druckentlastungs-Plethysmographie (SCHROEDER [160]), Infraton-Oszillographie von BRECHT und BOUCKE (16), lichtelektrische Volumenschreibung (MATTHES [113]), "tonoszillography after exercise" von EJRUP (37), Oszillographie nach GESENIUS (47) und KELLER (87), Rheographie u.a., sollte in der vorliegenden Arbeit versucht werden, mit einer relativ neuen Messmethode, der Rheographie, in den Effekt der Bindegewebsmassage, des Kohlensäure-Trockengas-Teilbades, und der Saugstiefelbehandlung auf das Verhalten der Gefässe einen Einblick zu gewinnen. Fernerhin sollte geprüft werden, ob sich durch die rheographischen Messungen dem Kliniker neue Anhaltspunkte für die Indikation der drei oben erwähnten physikalisch-therapeutischen Massnahmen ergeben. Denn auch heute noch dürfte die klassische Forderung LANGENBECKs (104) bestehen, nach der es weniger wichtig ist, Operationen und Operationsmethoden zu finden, als Mittel und Wege aufzusuchen, um Operationen zu vermeiden.

B) Geschichte

1. Kohlensäure-Trockengas-Teilbad

Die Therapie mit gasförmiger Kohlensäure ist alt. Schon 1778 wird sie von TRAMPEL (168) gerühmt. 1883 war es STEINMETZ (164), der sie in Deutschland angab. Von 1856 hat sich der Franzose DEMARQUAY (28) mit der Wirkung der gasförmigen Kohlensäure eingehend beschäftigt. 1929 veröffentlichte v. DALMADY (27) Studien über die Kohlensäure-Gasbäder. - Seitdem nun 1928 COBET (19) und HEDIGER (59) unabhängig voneinander die therapeutische Verwendung gasförmiger Kohlensäurebäder, insbesondere in Form der Teilbäder, zur Behandlung peripherer arterieller Durchblutungsstörungen der Extremitäten eingeführt haben, sind zahlreiche experimentelle Untersuchungen über die Wirkung der CO_2-Gasbäder gemacht worden. Zur Erklärung der klinischen Beobachtung einer besseren Durchblutung der Extremitäten durch CO_2-Gasbäder wurde die Beeinflussung der Hautdurchblutung erforscht. - "Über die Rückwirkung des Kohlensäure-Gasbades auf die Muskeldurchblutung wissen wir nichts Sicheres" (PARADE [129]). Es ist zwar immer von der Hautdurchblutung rückwirkend auf die Durchblutungsverhältnisse in den tieferen Abschnitten der Extremitäten geschlossen worden; aber exakte Beobachtungen über das Verhalten der tieferen und grösseren Blutgefässe liegen kaum vor. Im grossen und ganzen sind ja die CO_2-Gasbäder "klinisch und experimentell noch nicht durch ähnlich ausgedehnte Forschungsergebnisse untermauert, wie dies bei den kohlensauren Wasser- und Solebädern der Fall ist" (LINDENBERG [11o]). Speziell für die Extremitätengefässe wird die Situation treffend von WITZLEB (175) beurteilt: "Über die Tiefenwirkung balneotherapeutischer Massnahmen liegen wenige Untersuchungen vor. Die mangelhafte Bearbeitung dieses Problems beruht darauf, dass einmal die bisherigen Methoden zur Messung der Muskeldurchblutung am Patienten ausserordentlich schwierig und zum anderen Teil ungenau sind."

Eine Erweiterung der Hautkapillaren wies WEISS (171) nach. Neben einer Erweiterung der Hautkapillaren im CO_2-Gasbad fanden HIRSCH

(68) und BENATT (7) darüberhinaus eine Beteiligung des subpapillären Plexus an der verstärkten Durchblutung. SCHNELLEs (158) Folgerung aus seinen Ergebnissen war, dass im CO_2-Gasbad eine stärkere Durchblutung der Haut mit Eröffnung der kleinen Blutgefässe, der Kapillaren und auch der arterio-venösen Anastomosen eintrete und dass dabei Blutdepots regulatorisch entspeichert und die zirkulierende Blutmenge zunehmen werden. Im Kapillarmikroskop beobachteten COBET und v. HAEBLER (23) eine Beschleunigung der kapillaren Blutdurchströmung. Er betrachtete dies als einen Beweis dafür, dass auch das zuführende Stromgebiet an der Gefässerweiterung beteiligt sei. COBET (2o) glaubte auf Grund der Untersuchungen über den Einfluss der Wasserstoffionenkonzentration auf die Gefässe von FLEISCH (4o), ATZLER und LEHMANN (2), dass bei den Kohlensäure-Gasbädern infolge der durch die CO_2-Resorption durch die Haut erfolgenden pH-Verschiebungen eine bessere Durchblutung zustande komme. Nach GORDONOFF (52) kommt es zu einer Erweiterung und vermehrten Blutfüllung der peripheren arteriellen Gefässe, der Arterien und Kapillaren sowie zur Bildung von Kollateralkreisläufen. Die Hauttemperaturmessungen von REICHEL und PALME (14o) sprechen allerdings gegen eine Steigerung der Hautdurchblutung.

BARCROFT, BOCK, HENSEL und KITSCHIN (5) zufolge verhält sich die Muskeldurchblutung gegensätzlich zur Hautdurchblutung. Und auch REESE, CULLEN und BEYER (138) stellten mit markiertem Na ein gegensätzliches Verhalten der Haut- und Muskeldurchblutungen unter anderem bei physikalischen Massnahmen fest.

In neuerer Zeit konnte PABST (126) mit radioaktivem Jod eine Besserung der Durchblutung in den Extremitäten Angioorganopathiker nach mehreren CO_2-Trockengas-Teilbädern feststellen.

In der vorliegenden Arbeit wird nun der Versuch unternommen, einen Aufschluss über die Tiefenwirkung der Kohlensäure-Trockengas-Teilbäder an den unteren Extremitäten mit der Rheographie zu bekommen. Das verwendete CO_2-Trockengas-Teilbad stellt eine Modifikation der Verfahren von COBET (19), (2o), PARADE (128) und HEDIGER (59) dar und ist in seiner jetzigen Form von BOEHM (11) am Rieder-Institut in München eingeführt worden.

2. Saugstiefelbehandlung

Wahrscheinlich der erste, der die Anwendung der verdünnten und verdichteten Luft zur Behandlung von Krankheiten anwendete (1812) und auch publizierte (1832), war MURRAY (118), (119) aus Dublin. Seit dieser Zeit hat die Therapie mit Über- und Unterdrucken viele Modifikationen erfahren. 1833 reichte JUNOD (75) seine Inaugurationsdissertation über die Hämospasie und Aerotherapie in der Pariser Universität ein. Die Methode wurde von nun an "Hämospasie" genannt. JUNOD (76), (77), (78) veröffentlichte später auch eine Reihe von Arbeiten über seine Ventousen und Schröpfstiefel. In England gab 1835 CLANNY (18) unabhängig von MURRAY und JUNOD eine Beschreibung über seinen mit Unterdruck arbeitenden Apparat zur Behandlung von Rumpf und Extremitäten heraus. ERPENBECK (38), (39) publizierte dann 1838 einen dem JUNODschen Stiefel ähnlichen Apparat, mit dem er ebenfalls durch künstliche Luftverdünnung innere und äussere Krankheiten zu heilen versuchte. 1848 erschien von v. BONNARD (13) eine umfassende Abhandlung über das bis dahin schon sehr umfangreiche, die "Hämospasie" betreffende Material. Im gleichen Jahre promovierte in Giessen JOURDAN (74) mit seiner Arbeit über die Wirkung der Hämospasie. - Zum ersten Male verwendete BLUCK (1o) aus South Hamstead 1887 die alternierende Unter- und Überdrucktherapie bei arteriellen Durchblutungsstörungen der Extremitäten. Sein Ziel war: "To bring about an influse and effluse of the blood in the part or parts affected". - BIER (8) ahmte 19o4 mit einigen Abänderungen die JUNODschen Apparate zur Hyperämisierung kranker Körperteile nach. Seine Methode und vor allem sein Saugstiefel, der speziell auf den "JUNODschen Stiefel" zurückgeht, wurden hauptsächlich in Amerika stark verbreitet. Seine Methode wurde von KLAPP (9o), MEYER und SCHNIEDEN (117) modifiziert. In USA publizierten 1917 SINKOWITZ und GOTTLIEB (147) als erste die konservative Behandlung der Thromboangiitis obliterans mit dem BIERschen Saugstiefel, also nur mit reinem Unterdruckverfahren. 193o verwendete BRAEUCKER (15) die gleiche Methode zur Behandlung des Morbus Raynaud. Wiederum in USA entwickelten 1933 nach BIERs Vorbild unabhängig voneinander REID und HERRMANN (62), (141) und ausserdem LANDIS und GIBBON (1o1) ein modernes

Verfahren der alternierenden Saug-Druck-Behandlung, die im Prinzip in der heutigen synkardialen Massage nach FUCHS (44) ihre Vollendlung erfahren hat. - Bereits 1934 stellte de TAKATS (166) heraus: "The principle of alternating the pressures, and alternating them at short intervals, is a radical departure from the previously used continuous suction with occasional release." Seit dieser Zeit ist der BIERsche Saugstiefel unseres Wissens aus der Literatur fast gänzlich verschwunden.

Das Prinzip der Blutstauung durch Ligaturen, das in dieser Arbeit auch experimentell angewandt wurde, ist von PARÉ (13o) 184o, NICOLADONI (121) 1875, STEWART (165) 1917, BIER (9) u.a. sowie in neuerer Zeit durch die intermittierende Venenstauung von COLLENS und WILENSKY (24), WILSON und OGSTON (174) entwickelt worden. - Eine reaktive arterielle Mehrdurchblutung konnte LEWIS (1o9) nach venöser temporärer Stauung nachweisen. - Bei der Auswertung einer venösen Stauung (4o mm/Hg) mit der Rheographie konnten KAINDL und PÄRTAN (82) keine sicher fassbare, reaktive Mehrdurchblutung für den Unterschenkel erkennen.

Die alternierende Saug-Druck-Behandlung, die synkardiale Massage und die intermittierende Venenstauung sind systematisch ausgebaut, grösstenteils experimentell mit Hilfe der Hautthermometrie, Kapillarmikroskopie, Oszillographie usw. erforscht und vor allem auch klinisch von zahlreichen Autoren bearbeitet worden: PIEPER (131), FUCHS (44), EGERER (36), SHORT (146), LEINER (1o5), ALLEN und BROWN (1), HERRMANN und REID (63), LANDIS (1o2), VÖLKER (169), MEISTER (115) u.a. Mit dem von uns verwendeten Saugstiefel, in dem alternierend Unterdruck erzeugt wird, glaubten HERRMANN (61), BRAEUCKER (15) und SINKOWITZ und GOTTLIEB (147) nach mehrwöchiger Saugstiefeltherapie eine Verbesserung der Durchblutung in den Extremitäten bei Angiopathikern beobachten zu können. HERRMANN stützte dabei seine Beobachtungen neben den subjektiven Angaben der Patienten noch auf die Befunde, die er mit der Oszillometrie und Kalorimetrie machen konnte. Die übrigen Autoren stellten keine Messungen an.

Soweit sich die Literatur überblicken lässt, liegen seit 1933 keine experimentellen Untersuchungen und klinischen Berichte über den BIERschen Saugstiefel vor. Dagegen findet man häufig ablehnende Stimmen. Vor allem die amerikanischen Autoren MUSSER (12o), LANDIS und HITZROT (1o3), SHIPLEY und YEAGER (145) u.a., aber auch europäische, stellen die Überlegenheit der Applikation der alternierenden Saug-Druck-Behandlung gegenüber der reinen Unterdrucktherapie, wie sie in unserem BIERschen Saugstiefel angewendet wird, ausdrücklich heraus. BECKER (6) berichtet z.B., dass ein Patient mit einer Angioorganopathie an den unteren Extremitäten intensiv mit einem Saugstiefel behandelt worden sei, aber ohne jeden Erfolg. Mit der Saug-Druck-Behandlung habe der gleiche Angiopathiker Gangrän und Beschwerden verloren. -

Der bis in die neueste Zeit im Rieder-Institut in München verwendete Saugstiefel bei der Therapie der peripheren arteriellen Durchblutungsstörungen wies gegenüber dem von BIER konstruierten gläsernen Saugstiefel nur den Unterschied auf, dass der Unterdruck nicht mehr mit einer Handpumpe, sondern mit einem Elektromotor erzeugt wurde. Angesichts der schon so frühzeitigen kritischen Beurteilung des nur sehr spärlich vorliegenden Materials und der Tatsache, dass der BIERsche Stiefel bis heute bei uns verwendet wird, schien es angebracht, mit der Rheographie diese Art der Unterdrucktherapie zu erforschen.

3. Bindegewebsmassage

Die jüngste der drei zu untersuchenden Therapieformen stellt die Bindegewebsmassage dar, die bekanntlich Frau Elisabeth DICKE (29) an sich selbst entwickelt hat und die von TEIRICH-LEUBE (174), GLÄSER (48) und KOHLRAUSCH (92) weiter ausgearbeitet worden ist. - Die Erfahrungsberichte über die zum Teil sehr guten Erfolge bei der Behandlung der peripheren arteriellen Durchblutungsstörungen mit der Bindegewebsmassage sind zahlreich: SCHLIEPHAKE (154), RATSCHOW (136), KYSELKA (99), GROBER (54), SLAUCK (148), BAECKMANN (4), VÖLKER (169), LEUBE und DICKE (1o8), KÜNZLER (98) u.a.m. -

Mit den Erkenntnisgrundlagen über die Einwirkung der physikalischen Therapie von bestimmten Hautstellen zu ihren zugehörigen inneren Organen sind die Namen zahlreicher Autoren verbunden; z.B. HEAD (57), MACKENZIE (112), CORNELIUS (25), RUHMANN (144), DITTMAR (32), (33), HANSEN und v. STAA (56), v. PUTTKAMMER (135), KOHLRAUSCH (93), (94) u.a. Die Arbeiten aber, die auf systematischer wissenschaftlicher Grundlage mit exakt messenden Apparaturen zur Klärung des physiologischen Ablaufs bei der Behandlung der Extremitäten mit der Bindegewebsmassage angefertigt worden sind, sind noch selten. So ist auch die Frage nach der Wirkungsweise an den Gefässen im einzelnen unbeantwortet geblieben. Der bisherige Stand der Forschung wird auch aus den Worten GROBERs (53) ersichtlich: "Die heute noch recht verschiedenartige Erklärung mancher Massagewirkungen weist darauf hin, dass nur neue sichere Beobachtungen uns bei der Aufklärung über das Zustandekommen der Wirkungen der Massage und über die Anzeigen weiterhelfen werden." - Die hier vorliegenden Versuche dienten nun der weiteren Aufklärung der Wirkungsweise der Bindegewebsmassage an beiden unteren Extremitäten mit der Rheographie.

C) Methodik

1. Entwicklung der Rheographie

Die Methode der Rheographie, wie sie in unseren Versuchen zur Anwendung kam, ist realtiv jung. Das Prinzip aber, das dieser Methodik zugrundeliegt, nämlich auf elektrischem Wege eine Auskunft über die Hämodynamik zu machen, geht in seiner Entwicklung zurück bis auf die Versuche CREMERs (26) 1907 am isolierten Froschherzen. ATZLER und LEHMANN (3) registrierten die im Rhythmus der Herzaktion auftretenden Kapazitätsänderungen eines Schwingkreises und versuchten, mit dieser sogenannten "Dielektrographie" Rückschlüsse auf die Änderung von Herzform, Herzlage und Herzvolumen zu ziehen. Darüberhinaus konnten sie mit diesem Verfahren Volumenpulse an den Extremitäten aufzeichnen. Mit der "Radiokardiographie" von ROSA (142), einem Verfahren, das weitgehende Ähnlichkeit mit der

"Dielektrographie" besitzt, und mit einem Kurzwellenfeld arbeitet, konnten die durch die Herztätigkeit hervorgerufenen Spannungs - schwankungen in einem Schwingkreis registriert werden.

1943 publizierte KOEPPEN (91) eine Methode, die es ermöglichen sollte, mit Gleichstrommessung die durch die Herztätigkeit hervorgerufenen Blutfüllungsschwankungen und die damit synchron laufenden Leitfähigkeitsschwankungen des durchströmten Körpergewebes zu erfassen. Die Übergangswiderstände konnten hiermit aber infolge des inkonstanten Hautwiderstandes nicht exakt erfasst werden.

Die erste Veröffentlichung, in der Angaben über das Studium der in der Peripherie (Extremitäten) im Rhythmus der Pulswelle auftretenden Schwankungen der elektrischen Leitfähigkeit gemacht wurden, stammt von NYBOER (122), (123) 194o. Er nannte seine Methode "Electrical Impedance Plethysmography". Bei seinen Widerstandsmessungen verwendete er einen hochfrequenten Wechselstrom von 175 kHz. Diese neue Untersuchungsart fand von nun an klinische Verwendung in der Diagnostik der Kreislaufdynamik.

HOLZER, POLZER und MARKO (7o) haben 1945, ohne Kenntnis von den Arbeiten NYBOERs zu haben, die "Rheokardiographie" entwickelt, deren Prinzip darauf beruht, dass die durch die Herz- und Kreislauftätigkeit hervorgerufenen Schwankungen der elektrischen Leitfähigkeit im menschlichen Körper aufgezeichnet werden. Sie arbeiteten mit einem Wechselstrom von 2o ooo bis 3o ooo Hertz (im Gegensatz zu NYBOERs 175 kHz).

Von POLZER und SCHUHFRIED (133) wurde 195o gezeigt, dass auch die periphere Pulswelle nachweisbar ist, wenn man mit einem auf dem Prinzip der Rheokardiographie arbeitenden Apparat Elektroden an die Extremitäten gefässgesunder Menschen anlegt. Für die gewonnenen Kurven schlugen sie den Namen "Rheogramm" und für die Methodik selbst die Bezeichnung "Rheographie" vor.

Unabhängig voneinander haben KERSCHNER (88) und JANTSCH (72) 195o ausführliche Untersuchungen vorgenommen, in denen sie gezeigt haben, dass dem Prinzip der Rheokardiographie auch diagnostische Be-

deutung bei Gefässerkrankungen der Extremitäten zukommt. KERSCHNER bezeichnete das neue Verfahren zur Diagnostik peripherer Gefässerkrankungen als "Rheoangiographie", JANTSCH als "Rheosphygmographie".

Die Entwicklung des elektrischen Registrierverfahrens zur Pulsschreibung auf rheographischem Wege, die experimentelle Untermauerung und die kritische Abwägung von Vor- und Nachteilen der Rheographie von KAINDL (8o), 1954, hat den Weg für die Anwendbarkeit der Rheographie im klinischen Routinebetrieb geebnet. Heute wird die Rheographie von JANTSCH, KAINDL, POLZER und SCHUHFRIED (8o),(83), (84), (85), (73), (134), (132), (161), (86) ständig weiter ausgebaut.

2. Das Prinzip der Rheographie und der Differentialrheographie

Die Rheographie stellt eine rein elektrische Methode dar zur Messung und Registrierung von Widerstandsänderungen, die synchron mit der Pulswelle auftreten. Da das Blut unter den Geweben die beste Leitfähigkeit für mittelfrequente Ströme besitzt, gelingt es, mit einer zur Rheographie geeigneten Apparatur (Rheograph), die auf Grund der Herzaktion schwankende Blutfüllung in den Extremitäten in Form von elektrischen Leitfähigkeitsschwankungen aufzuzeichnen. Der Messbereich wird dabei bestimmt von zwei Elektroden. Zur Verringerung des Übergangswiderstandes der Haut, die zeitweilig beträchtlichen Widerstandsänderungen unterworfen ist, wird ein Messstrom mit einer Frequenz von 2o ooo bis 3o ooo Hertz verwendet. Hierbei kann der Hautwiderstand auf kapazitivem Wege überbrückt werden, so dass nur der elektrische Widerstand des Gewebes unter der Haut zur Messung gelangt. Es treten keine sensiblen Effekte an der Haut auf. Der Patient kann die vorhandene Stromstärke von 1o bis 2o mA im allgemeinen nicht wahrnehmen.

In der Messanordnung des Rheographen befindet sich eine von einem Generator gespeiste Wheatstonesche Brücke, in deren einen Zweig der zu untersuchende Körperteil des Patienten - nach SCHAEFER (149) eine Serie von Kapazität und Ohmschem Widerstand - eingeschaltet

wird. Der Vergleichszweig der Brücke besitzt eine analoge Serienschaltung mit einem Regler für eine einstellbare Kapazität und einen variablen Ohmschen Widerstand. Mit diesen beiden regelbaren Grössen wird unter kapazitiver Überbrückung des Hautwiderstandes die Kapazität C und der Ohmsche Widerstand R in der Messbrücke abgeglichen. Somit ist eine Nachbildung der elektrischen Eigenschaften der Patientenextremität gegeben. Dadurch wird gleichzeitig der für die Gefässdiagnostik wichtige Ohmsche Widerstand R im Körperinneren zwischen den Elektroden bestimmt. Der kapazitive Abgleich hat lediglich die Aufgabe, reproduzierbare Messverhältnisse zu schaffen. Durch Verstimmung der abgeglichenen Brücke wird eine erforderliche definierte Spannung frei. Diese Trägerspannung der Brücke unterliegt den Blutfüllungschwankungen in dem durch die Elektroden bestimmten Messbereich der Extremitäten und damit der Modulation durch die Leitfähigkeitsschwankungen. Die entstandenen Spannungsschwankungen werden verstärkt und demoduliert (gleichgerichtet). Die Schwankungen der elektrischen Leitfähigkeit betragen nur 1 bis 1/1o Promille. Die pulsierende Gleichspannung, die proportional der Pulsation der Leitfähigkeitsschwankungen im Messbereich ist, wird einem EKG-Gerät zur weiteren Verstärkung und zur Registrierung als Rheogramm zugeführt.

Die gleiche pulsierende Gleichspannung wird ausserdem im Rheographen auf einem anderen Wege elektrisch differenziert, mathematisch gesehen wird die erste Ableitung gebildet, und im EKG-Apparat als Differentialrheogramm aufgezeichnet.

3. Eichung der rheographischen Kurve und der Differentialkurve

Zur Auswertung der Rheogramm-Amplitude ist das wahlweise Einstreuen von Eichzacken erforderlich. Dies wird dadurch gewährt, dass ein in Serie zum Patienten befindlicher Ohmscher Widerstand durch Parallelschaltung weiterer Ohmscher Widerstände bei entsprechendem Tastendruck in seiner Grösse verkleinert wird. Die so gewonnene künstlich definierte Leitfähigkeitszunahme, die sich im Rheogramm als Eichimpuls äussert, erlaubt einen Vergleich mit den Leitfähig-

keitsschwankungen im Messbereich. Die Widerstände liegen in der Grössenordnung von 1; o,5; o,1 und o,o5 Ohm.

Die rheographische Differentialkurve lässt sich genauso eichen wie die Rheographiekurve. Der Eichimpuls bei der ersten Ableitung des Rheogramms wird mitdifferenziert und "liefert hierbei Impulse mit einem steilen Ansteig und einem einer Expotentialfunktion folgenden Abfall" (KAINDL, POLZER und SCHUHFRIED [83]). Das bedeutet, dass die Eichzacke zunächst in die positive und dann in die negative Richtung schlägt.

4. Rheograph und Cardirex

Bei den für diese Arbeit vorliegenden Untersuchungen wurde ein Doppel-Rheograph der Firma Dr. F. Schuhfried, Wien verwendet, der die gleichzeitige Abnahme von zwei Rheogrammen und den beiden entsprechenden Differentialrheogrammen gestattet. Zur Aufzeichnung der Kurven wurde ein Cardirex-Sechsfachschreiber (Sechskurven-Mingograph)* der Siemens-Reiniger-Werke AG., Erlangen, angeschlossen. Die Kopplung des Rheographen an das EKG-Gerät erfolgte über eine Kapazitätskopplung. Dadurch war gewährleistet, dass nur die Pulsation und nicht die bei der Gleichrichtung mitentstehende Gleich-

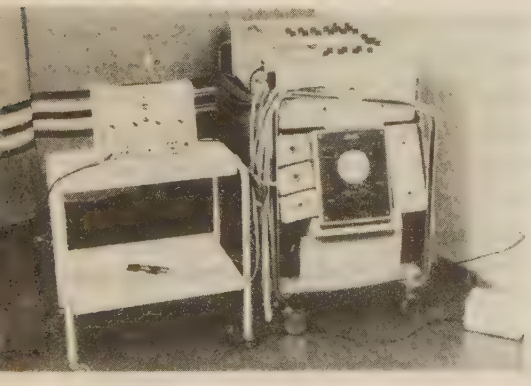


Abb. 1
Links Rheograph, darunter Elektroden, Klemmen u. Elektrodenpaste, rechts Cardirex mit Sichtgerät und rechts vorne Generator

*) Von der L.V.A. Oberbayern dem Rieder-Institut dankenswerterweise zur Verfügung gestellt.

spannung an den Cardirex-Verstärker weitergegeben wurde. Eine verzerrungsfreie Kurvenform war möglich durch eine ungefähr zwei Sekunden betragende Zeitkonstante des Koppelgliedes. Der Rheographeneingang wurde über die Experimentier-Eingänge vorgenommen. Das stets mit den Rheogrammen aufgenommene Extremitäten-EKG hatte die übliche Verbindung zum Elektro-Cardiographen (Cardirex).

5. Elektroden und Elektrodenanlage

Zur Aufzeichnung der interessierenden Gefässabschnitte an den Extremitäten wurden Längsrheogramme geschrieben. Als Messbezirk wurde stets eine Strecke von ungefähr 24 cm am Unterschenkel, links und rechts korrespondierend, im Bereich vom Genu bis zu den Malleolen gewählt. Zwei zirkuläre Elektroden aus blanken Aluminiumfolien, je 2 cm breit, mit EKG-Elektrodenpaste (Contactine Electrodengelee der Siemens-Reiniger-Werke AG., Erlangen) dick bestrichen, proximal und distal des zu untersuchenden Bereichs, lieferten das Längsrheogramm. Die elektrolythaltige Paste wurde verwendet zum Schutze der Haut und zur Herabsetzung des Übergangswiderstandes. Isolierte Klemmen hielten die zirkulären Elektroden fest und dienten zugleich zur Aufnahme des Patientenkabels. Um eine gleichzeitige, störungsfreie Abnahme von zwei Rheogrammen von der linken und rechten Extremität (also von zwei Messbereichen) zu sichern, wurde stets darauf geachtet, die beiden spannungsführenden Elektroden durch die beiden Null-Leiterelektroden zu trennen. Dadurch floss der Meßstrom im wesentlichen nur zur zugehörigen Null-Elektrode (Erdpotential). Die Elektroden wurden der jeweiligen Körperform angepasst, so dass ein guter Kontakt gewährleistet und eine Behinderung der Blutzirkulation ausgeschlossen war. Schnürende Kleidungsstücke, die eine venöse Stauung hätten bewirken können, wurden vor jeder Messung entfernt. Da über mehrere Tage Kontrolluntersuchungen vorgenommen wurden, wurde der bei der ersten Messung am jeweiligen Patienten gewählte Akren-Abschnitt markiert. Die Elektroden sassen somit weitmöglich an der gleichen Stelle. Die EKG-Elektroden am unteren Körperabschnitt wurden am Oberschenkel angebracht, so dass eine gegenseitige Beeinflussung des Rheogramms und des EKG ausgeschlossen war.

Bei sämtlichen Versuchen lagen die Elektroden samt Zuführungskabel unverrückbar an beiden unteren Extremitäten. Die Kabel wurden bei der Saugstiefelbehandlung durch die Gummistopfen innerhalb der Saugstiefelwand geführt (siehe Abb. 4).

6. Lagerung des Patienten zur Rheographie

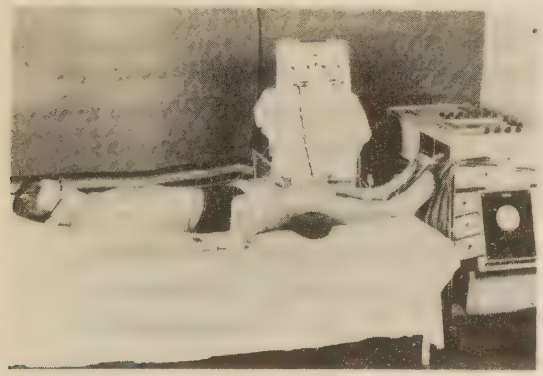


Abb. 2
Lagerung des Patienten zur Rheographie

Da nach KAINDL (8o) die orthostatischen Lageveränderungen Herzfrequenz, Minutenvolumen und Blutdruck verändern und damit die rheographische Kurvenamplitude beeinflussen, da ferner die rheographischen Untersuchungen über orthostatische Kreislaufstörungen von DOBNER (34) in diese Richtung weisen, wurde während der Versuchsdauer streng auf die Beibehaltung der bequemen Ausgangslage des Patienten in flacher Rückenlage auf dem Behandlungsbett geachtet. Die Beine waren durch eine Knierolle entspannt und für den Patienten angenehm gelagert.

7. Registrierung

Um eine Gewähr für das rechts und links seitengleiche und damit vergleichbare Arbeiten des Rheographen zu haben, wurde von Zeit zu Zeit der Rheograph in Prüfstellung überwacht.

Nach Lagerung des Patienten, Befestigung der Elektroden und Anlage der Kabel wurden der Rheograph und der Cardirex an das Netz ange-

schlossen. Sodann wurden nach einer kurzen Vorheizzeit der Geräte die Brücken für beide Extremitäten abgeglichen. Hierbei wurde bei gleichzeitigem Druck auf die Abgleichtaste mit Hilfe der Schaltgriffe "R-Abgleich" und "C-Abgleich" (je nach Fall 7o bis 25o nF) auf einen minimalen Ausschlag einer optischen Anzeige (magisches Auge) eingestellt. Um eine unnötige Aufladung der Koppelkondensatoren zu vermeiden, stand während dieses Vorgangs der Cardirex auf "Test". Der Abgleich R, der dem Ohmschen Widerstand im Messbereich entspricht, wurde für die Amplituden-Auswertung des Rheogramms notiert. Sobald der Abgleich für beide Messbereiche beendet und damit automatisch eine Verstimmung der Brücken gesetzt war, konnten mittels des Mehrfachschreibers die Extremitäten-Ableitungen I und II und die Rheogramme mit den entsprechenden Differentialrheogrammen der beiden Gliedmassen-Abschnitte synchron registriert werden. An einer zugeschalteten Anzeigevorrichtung (Brownsches Rohr) des mehrfach registrierenden Aufnahmegerätes wurden die Kurven beobachtet und mit den Empfindlichkeitsreglern der entsprechenden EKG-Kanäle auf die gewünschte Amplitudenhöhe auf- bzw. hinuntergeregelt. Für den Papiertransport wurden die Geschwindigkeiten von 1o und 25 mm pro Sekunde gewählt. Zum Rechts-Links-Vergleich der beiden Rheogrammkanäle brauchte die Empfindlichkeit der Kurven nicht gleich eingestellt zu werden, da jeweils nur die Relation zwischen der Höhe der Eichzacke und der Höhe der Amplitude von Wichtigkeit ist. Die Höhe der Eichzacke wurde meist auf o,1 oder bei schweren Durchblutungsstörungen auf o,o5 Ohm eingestellt. Durch Druck auf die Eichtaste wurde im richtigen Augenblick versucht, die Eichzacke in den abfallenden Teil einer einer Herzaktion entsprechenden rheographischen Kurve zu setzen, da hier die Genauigkeit der Werte am grössten ist.

Sobald die Kurven keine starke atemsynchrone Verlagerung der Basislinie (Basislinie ist die Verbindungslinie der Fusspunkte der Pulskurven) erkennen liessen, wurden die Rheogramme bei zwangloser Brustatmung aufgenommen. Der Patient wurde aufgefordert, gleichmässig ruhig weiterzuatmen und tiefe Atemzüge sowie allgemeine Bewegungen des Körpers zu vermeiden. Bei Patienten mit forcierter

Abdominalatmung wurde in Expirationsstellung bei angehaltenem Atem registriert. Bei labilen Personen wurde bei Atemstillstand in mittlerer Respirationslage registriert. Die anfängliche beträchtliche atemsynchrone, durch Rückstrombehinderung deutbare Auslenkung der Basislinie konnte so grösstenteils vermieden werden. Im allgemeinen wurde durch Schreiben genügend zahlreicher Pulskurven auch bei mittlerer Atmung ausreichend auswertbares Material gewonnen.

8. Versuchspersonen

Für die durchzuführenden Versuche standen Personen beiderlei Geschlechts im Alter von 25 bis 75 Jahren zur Verfügung. Dabei handelte es sich um 52 stationäre und ambulante Kranke: 18 mit Angioorganopathien, 4 mit Angioneuropathien und 3o ohne Angiopathien der unteren Extremitäten. Vor Beginn der Versuchsserie wurde jeder Patient klinisch routinemässig untersucht. Zur Festigung der Diagnose wurden in vielen Fällen ein Oszillogramm, ein Rheogramm der ganzen Extremität mit einzelnen Teilabschnitten und ein Arteriogramm angefertigt.

9. Versuchsvorbereitung

Vor und während der Versuchstage unterlagen die Patienten im allgemeinen weder einer gerichteten noch einer Substitutionstherapie für periphere Durchblutungsstörungen. Der einzelne Patient wurde nach Möglichkeit immer zur gleichen Tageszeit untersucht. Blase und Rectrum mussten nach Möglichkeit vorher entleert werden. Da die Vaso-Aktivität des Nikotins von zahlreichen Autoren nachgewiesen worden ist - ZIPP (177), FRIEDELL (42), RUFF, BOCK und HENSEL (143) u.a. - und da besonders in Bezug auf die Rheographie die Arbeiten von KAINDL und PÄRTAN (82) und die von WENGER, WICK und KUHN (172) zeigen, dass das Rheogramm der Extremitäten nach dem Rauchen unter Umständen signifikante Veränderungen in Kurvenform und -Amplitude aufweist, wurden die Patienten mit Nachdruck aufgefordert, während der Versuchstage unter keinen Umständen zu rauchen.

1o. Behandlungsprinzip

An jeder Versuchsperson wurde täglich nur eine der drei Behandlungsmethoden über längere Zeit durchgeführt, um nicht eine spezielle regulatorische Anpassung, sondern höchstens eine unspezifische Umstimmung herzustellen. Die Reihenfolge der Behandlungsmethoden wurde ständig gewechselt, jedoch immer so, dass die drei Methoden innerhalb von drei Versuchen zur Anwendung kamen. Um die subjektive Beurteilung der Versuchsergebnisse zu vermeiden, wurde die Reihenfolge der drei Methoden durch Ziehen beschrifteter Karten in Anlehnung an ein Glücksspiel festgelegt. Im Durchschnitt wurden sechs Versuche an einem Patienten durchgeführt. Ein geringer Teil der Patienten bekam auf Grund von Kontraindikationen nur Kohlensäure-Trockengas-Teilbäder bzw. Saugstiefelbehandlungen oder Kohlensäure-Trockengas-Teilbäder und Saugstiefelbehandlungen abwechselnd.

11. Standardisierung der Behandlungsmethoden

Die drei Behandlungsmethoden wurden in folgender Weise standardisiert:

a) Zum K o h l e n s ä u r e - T r o c k e n g a s - T e i l - b a d lagen die beiden unteren Gliedmassen unter einem gewöhnlichen, mit drei je 9o Watt starken Glühbirnen und mit einer in der Mitte oben befindlichen Einspritzdüse ausgestatteten Heissluftkasten. In dem an seinen beiden offenen Enden mit Wolldecken dicht verhangenen Holzkasten wurde die Luft zunächst ohne Kohlensäure drei Minuten lang erhitzt (Temperatur siehe S. 34). Mit einem Überdruck von 1 Atmosphäre strömte dann aus der Gasflasche die flüssige Kohlensäure auf die Extremität ein. Dieser Wechsel von drei Minuten Warmluft und zwei Minuten Kohlensäure wiederholte sich insgesamt dreimal. Nach weiteren drei Minuten wurden die ständig brennenden Glühbirnen ausgeschaltet und die Extremitäten noch 2o Minuten in dem warmen Kohlensäuregas belassen (dreimal gleichzeitig Warmluft und Gas, viermal nur Warmluft).

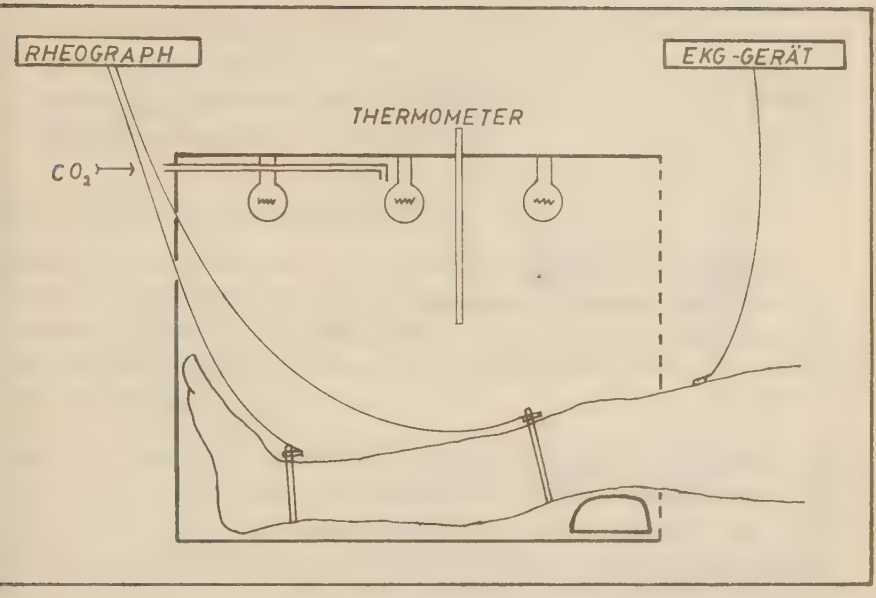


Abb. 3: Querschnitt durch Lichtkasten mit Kohlensäure-Zuleitung

b) Für die S a u g s t i e f e l b e h a n d l u n g hatte die Firma Paul Hartwig, Berlin NW 7, ein Original-Gangrän-Sauggerät geliefert, in das immer nur die gleiche untere Extremität bis oberhalb des Knies hineingebracht wurde. Bei einem bestimmten Patienten handelte es sich also immer nur um das rechte oder bei einem anderen immer nur um das linke Bein. Je nach dem Volumen des Beines erzeugte eine elektrische Saugpumpe innerhalb von ein bis zwei Minuten einen Unterdruck von -50 mm/Hg. Dieser wurde dann für zwei Minuten aufrechterhalten. Die dann einströmende Luft bewirkte innerhalb von ein bis zwei Minuten wieder die Herstellung der normalen atmosphärischen Druckverhältnisse. Die Wiederholung des Vorganges erfolgte nach einminütiger Ruhepause.

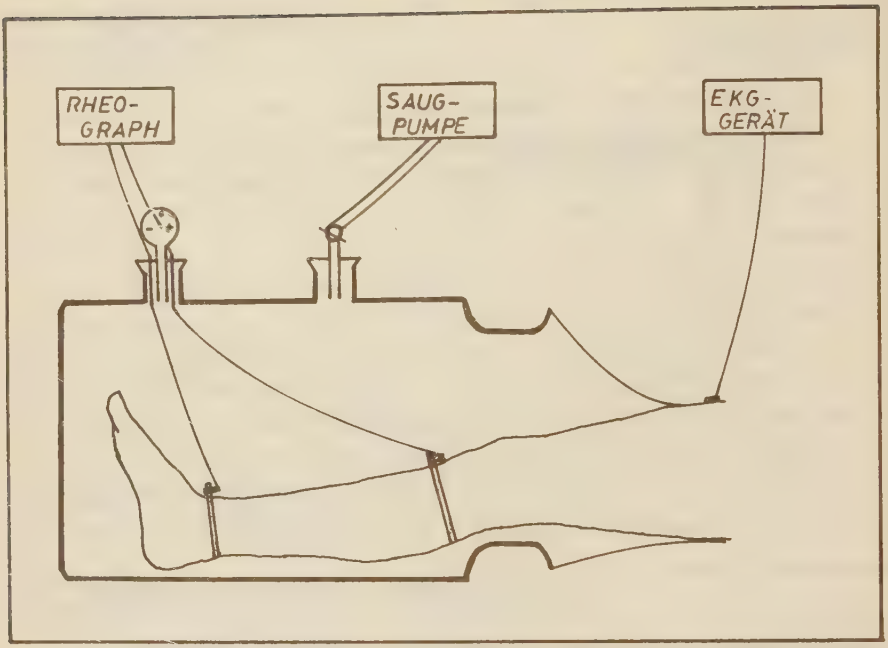


Abb. 4: Querschnitt durch Saugstiefel

c) Bei der B i n d e g e w e b s m a s s a g e wurden die lumbalen und sakralen Dermatome der unteren Extremitätengefässe je nach den Härten im Bindegewebe innerhalb von 2o bis 3o Minuten nach der Methode von LEUBE und DICKE (1o7), (1o8) durchgearbeitet. Die Patienten lagen hierbei stets in linker Seitenlage mit leicht angewinkelten Beinen lang gestreckt auf einem Untersuchungsbett. Überdosierungen mit starken Reaktionen wurden vermieden. Sämtliche Bindegewebsmassagen wurden von der gleichen Bearbeiterin durchgeführt.

Die von LEUBE und DICKE (1o8) nach Durcharbeitung von Becken und Hüfte anschliessend durchzuführende Bearbeitung des Oberschenkels am hinteren Rand des Tracts Iliotibialis in Rücken-

lage, der Kniekehle in ihrem äusseren Teil und des Unterschenkels im Wadenbereich bei peripheren Durchblutungsstörungen der unteren Extremitäten wurde nicht durchgeführt, um jeden möglichen Bewegungsreiz zu vermeiden.

12. Standardisierung der Registratur

Ängstliche und vegetativ labile Menschen wurden psychisch beeinflusst, um Veränderungen der Herzfrequenz (Schlag-, bzw. Minutenvolumen) und des Blutdrucks während des Versuchs über psychische Regulationen vorzubeugen (sonst Veränderung der Kurvenamplitude und Kurvenform).

Dem von BORNSCHEIN und AUERSWALD (14) zur Messung von Durchblutungsverhältnissen für wichtig erbrachten "Bedeckungstest" (Abdeckungs- und Bedeckungseffekt) wurde Rechnung getragen. Obgleich nach KAINDL, POLZER und SCHUHFRIED (85) dies für rheographische Untersuchungen von geringerer Bedeutung ist, aber doch auch Anlass zu Fehlbeurteilungen sein kann.

Um einen Einblick in die Ruhedurchblutung der Arterien in der durch die Elektrodenanlage gegebenen Meßstrecke zu geben, wurde zunächst die Ruhedurchblutung nach einer 2o Minuten langen bequemen horizontalen Lagerung auf dem Untersuchungsbett gemessen und dann gleich mit der Therapie begonnen. Rheogramm, Differentialrheogramm und EKG wurden weiterhin aufgenommen: Direkt nach Beendigung der Therapie, dann nach 1o Minuten und nochmal nach 2o Minuten, beim Saugstiefel zusätzlich auf der Höhe von -5o mm/Hg, beim Kohlensäure-Trockengas-Teilbad nach dem zweiten CO_2-Einstrom, schliesslich bei der Bindegewebsmassage in der Mitte der Behandlung. Durch die häufigen Messungen sollte erreicht werden, einen exakten Einblick in die durch die Elektroden angeschlossene Messstrecke zu bekommen, die definierten physikalischen Belastungen unterworfen war.

Abb. 5
Patient beim Kohlensäure-Trockengas-Teilbad

Abb. 6
Patient bei der Saugstiefelbehandlung

Abb. 7
Patient bei der Bindegewebsmassage

13. Zusatzversuche

a) Zur Temperatur beim Kohlensäure-Trockengas-Teilbad

Die Temperatur in dem für das Kohlensäure-Trockengas-Teilbad verwendeten Lichtkasten wurde fortlaufend immer nach drei Minuten Erwärmung bzw. nach zwei Minuten Kohlensäureeinstrom sowie 1o und 2o Minuten nach Abschalten der Glühbirnen gemessen.

b) Zur Saugstiefelbehandlung

Zur Klärung des Wirkungsmechanismus des Saugstiefels wurden während je eines Versuchs jeweils 17 Werte am linken und rechten Unterschenkel gemessen und zwar fortlaufend:

1. Ruhewert
2. bei -25 mm/Hg
3. gleich bei Erreichen von -5o mm/Hg
4. nach 1 Minute und
5. nach 2 Minuten Bestehens eines Unterdrucks von -5o mm/Hg
6. nach Wiedereinströmen der Luft bis auf -25 mm/Hg
7. sofort bei 0 mm/Hg
8. nach 1 Minute von 0 mm/Hg und bei erneutem Einschalten der Saugpumpe
9. wieder bei -25 mm/Hg
1o. gleich bei Erreichen von -5o mm/Hg
11. nach 1 Minute und
12. nach 2 Minuten Bestehens eines Unterdrucks von -5o mm/Hg
13. nach Einströmenlassen der Luft bis auf -25 mm/Hg

14. sofort bei 0 mm/Hg

15. direkt nach Lösung der dicht am Oberschenkel anliegenden Gummimanschette

16. nach 1o Minuten und

17 nach 2o Minuten nach Lösung der Gummimanschette.

Im einzelnen wurde folgendes durchgeführt:

α) Saugstiefelbehandlung am rechten Bein, während sich das linke Bein in entspannter Ruhelage befand.

β) Saugstiefelbehandlung am rechten Bein; gleichzeitig wurde am linken Bein eine Blutdruckmanschette in gleicher Höhe wie die Manschette des Saugstiefels angelegt. In der Blutdruckmanschette wurden synchron zum Saugstiefel entsprechend Überdrucke von 1 bis +5o mm/Hg erzeugt.

γ) Gleicher Versuch wie β), nur wurde jetzt zusätzlich an dem Bein ohne Saugstiefel die gleiche Gummimanschette wie bei dem mit Saugstiefel stramm am Oberschenkel angebracht und darauf die Blutdruckmanschette befestigt.

14. Methodik der Auswertung

Die Auswertung des vorliegenden Materials wurde nach folgenden Gesichtspunkten vorgenommen:

1. Der nach Abgleichen der Brücke ablesbare Widerstand R, der dem Grundwiderstand im Messbereich entspricht, wurde in Ohm bzw. Milli-Ohm notiert, ebenso der Eichwert Ew.

2. Die Amplitude A des rheographischen Kurvenbildes, die die Widerstandsänderungen im Messbereich wiedergibt, und die Eichzacke Ez, die einer Verminderung des Widerstandes von o,1 bzw. o,o5 entspricht, wurden in Millimetern gemessen.

3. Nach KERSCHNER (88) und JANTSCH (73) erhält man durch Vergleich der Amplitude mit der Höhe der Eichzacke die pulsatorische Wi-

derstandsänderung ΔR

$$\Delta R = \frac{A \cdot Ew}{Ez}$$

A = Amplitude in Millimetern
Ez = Eichzacke in Millimetern
Ew = Eichwert in Ohm

ΔR entspricht der Höhe der Amplitude, ausgedrückt in Ohm und wird kurz als R h e o g r a m m RG in Ohm nach KAINDL (8o) bezeichnet.

4. Die Beziehung zwischen dem pulsatorischen Widerstand ΔR und dem Grundwiderstand R wird wiedergegeben durch den von JANTSCH (73) eingeführten r h e o g r a p h i s c h e n Q u o t i e n t e n RQ

$$RQ = \frac{A \cdot Ew \cdot 1\ ooo}{Ez \cdot R}$$

Die Symbole entsprechen den vorhergehenden unter 3). Der rheographische Quotient gibt an, "in welchem Promillesatz sich der Widerstand im Messbereich mit dem Durchlaufen der Pulswelle ändert".

5. Das synchron mit den rheographischen Kurven aufgenommene EKG mit der ersten und zweiten Ableitung diente erstens zur Vertiefung der Kurvenanalyse und zweitens zur Mitbestimmung des relativen Pulsvolumens.

6. Das r e l a t i v e P u l s v o l u m e n P_R ist das Pulsvolumen des untersuchten Gefässabschnittes, bezogen auf die versorgte Menge des Gewebes und bezogen auf die Zeiteinheit.

$$P_R = \frac{A \cdot Ew}{Ez \cdot R \cdot T}$$

Das relative Pulsvolumen wird in Promille angegeben. T ist die Herzfrequenz, die in Dezimalbrüchen von Sekunden in die Formel eingesetzt wird. Durch Abmessen der R-Strecke im EKG und unter Berücksichtigung des Papiertransportes des Cardirex erhält man T. Es wurde stets die R-Distanz im EKG gewählt, die

dem jeweils zur Auswertung von A und Ez verwendeten einzelnen rheographischen Kurvenbild zeitlich entsprach. -

Der Wert T ist in die Formel des relativen Pulsvolumens eingeführt, um die Einflüsse der Herzfrequenz mitberücksichtigen zu können. Das Problem des relativen Pulsvolumens ist von NYBOER (123), BONJER (12), JANTSCH (73) und KAINDL, POLZER und SCHUHFRIED (86) bearbeitet worden.

7. Das rheographische Kurvenbild wurde auf Veränderungen der Form hin gegenüber der Ausgangskurve vor der jeweiligen Behandlung bei den einzelnen Messungen analysiert und wurde ausserdem für die Gefässdiagnose ausgewertet. Bekanntlich ist die Schwingungsaktivität der Gefässe Ausdruck ihrer Spannung in begrenzten Bereichen.

8. Das Differentialrheogramm wurde herangezogen zur Beurteilung des systolischen Kurvenanstieges und der Wendepunkte im Rheogramm. Aus dem Grad der Anstiegssteilheit sowie der Ausprägung und Form der einzelnen Kurvengipfel können Schlüsse auf die Schwingungsleistung bzw. -Fähigkeit gezogen werden.

9. Die Einteilung der Versuchspersonen zur Auswertung in Gruppen wurde nach dem Vorbild von RATSCHOW (137) in solche mit Angioorganopathien, Angioneuropathien und in solche ohne die Symptome einer peripheren Durchblutungsstörung durchgeführt.

D) Ergebnisse der eigenen Untersuchungen

1. Allgemeine Gesichtspunkte

Bei einigen älteren Patienten mit schweren peripheren arteriellen Durchblutungsstörungen der unteren Extremitäten wurde die zeitlich exakte Schreibung der rheographischen Kurvenbilder durch einen starken Tremor unmöglich gemacht. Es konnten aber bei insgesamt 52 Personen (2o weiblichen und 32 männlichen) 179 auswertbare Versuche durchgeführt werden. Von ihnen erhielten 31 Personen alle drei untersuchten Behandlungsmethoden und zwar 11 jeweils ein Koh-

lensäure-Trockengas-Teilbad, eine Bindegewebsmassage und einen Saugstiefel und 2o jede Behandlung jeweils zweimal. Von den restlichen 21 Patienten wurden 8 mit einem und 4 mit zwei Kohlensäure-Trockengas-Teilbädern, 2 mit je einem CO_2-Bad und einem Saugstiefel, 6 mit einem Saugstiefel und einer mit einer Bindegewebsmassage behandelt.

Bei der Einteilung der 52 Personen in Gruppen ergab sich folgendes Bild:

Gruppe A mit 3o Personen ohne die Symptome der peripheren arteriellen Durchblutungsstörung,

Gruppe B mit 18 Personen mit Angioorganopathien an den unteren Extremitäten,

Gruppe C mit 4 Personen mit Angioneuropathien an den unteren Extremitäten.

Die während der drei Behandlungsmethoden von diesen einzelnen Gruppen gewonnenen Durchschnittswerte werden nun in tabellarischen Übersichten (s. Tab. 1 - 3, 5 - 7, 1o - 12) wiedergegeben. Dabei handelt es sich um die Veränderungen der rheographischen Kurvenamplituden (Rheogramm - RG), der rheographischen Quotienten (RQ) und der relativen Pulsvolumina (P_R) im Unterschenkelbereich. Als Ausgangswerte mit Null Prozent werden die Ruhewerte angenommen. Die während und nach der Behandlung gewonnenen Durchschnittswerte der einzelnen Gruppen werden in ihren Prozentualen Zu- oder Abnahmen zum Ausgangswert wiedergegeben. Dabei bedeutet positiv = + eine Zunahme und negativ = - eine Abnahme gegenüber dem Ausgangswert (Ruhewert) in Prozenten. Die Anzahl der gemessenen Unterschenkel (US) wird mit n angegeben.

2. Kohlensäure-Trockengas-Teilbad

Gruppe A

Probanden ohne die Symptome einer peripheren arteriellen Durchblutungsstörung der unteren Extremitäten

Unterschenkel	n. US.	rheographische Werte	Ruhewert	nach 2.CO_2-Einstrom	direkt nach Behandlungsende	nach weiteren 1o Minuten	nach 2o Minuten
linker u.rechter US. zusammen	7o	RQ	-	+2,1 %	+3 %	+3,8 %	+3,5 %
		RG	-	"	"	"	"
		P_R	-	+1,7 %	+3,2 %	+2,8 %	+2,7 %
linker Unterschenkel	35	RQ	-	+2,4 %	+3,4 %	+4,8 %	+4,2 %
		RG	-	"	"	"	"
		P_R	-	+2 %	+3,9 %	+3,8 %	+3,4 %
rechter Unterschenkel	35	RQ	-	+1,7 %	+2,6 %	+2,9 %	+2,9 %
		RG	-	"	"	"	"
		P_R	-	+1,4 %	+2,5 %	+1,8 %	+2,1 %

Tabelle 1

Tabelle 1 gibt die Durchschnittswerte der prozentualen Zu- oder Abnahme von RQ, RG und P_R zu den entsprechenden mit Null Prozent angenommenen Ruhewerten der Gruppe A beim CO_2-Gasbad wieder.

Gruppe B

Patienten mit Angioorganopathien beider unterer Extremitäten

Unterschenkel	n. US.	rheographische Werte	Ruhewert	nach 2.CO_2-Einstrom	direkt nach Behandlungsende	nach weiteren 1o Min.	nach 2o Minuten
linker u.rechter US. zusammen	5o	RQ	-	-4,7 %	-3,9 %	-2,1 %	-2,2 %
		RG	-	"	"	"	"
		P_R	-	-5,4 %	-5,4 %	-4,3 %	-5,2 %
linker Unterschenkel	26	RQ	-	-4,5 %	-3,4 %	-o,9 %	-o,7 %
		RG	-	"	"	"	"
		P_R	-	-4,9 %	-4,9 %	-2,8 %	-3 %
rechter Unterschenkel	24	RQ	-	-4,9 %	-4,4 %	-3,3 %	-5,1 %
		RG	-	"	"	"	"
		P_R	-	-5,9 %	-5,9 %	-5,9 %	-7,4 %

Tabelle 2

Tabelle 2 gibt die Durchschnittswerte der prozentualen Zu- oder Abnahme von RQ, RG und P_R zu den entsprechenden mit Null Prozent angenommenen Ruhewerten der Gruppe B beim CO_2-Gasbad wieder.

Gruppe C

Patienten mit Angioneuropathien beider unterer Extremitäten

Unterschenkel	n. US.	rheographische Werte	Ruhewert	nach 2.CO_2-Einstrom	direkt nach Behandlungsende	nach weiteren 1o Min.	nach 2o Minuten
linker u. rechter US. zusammen	14	RQ	-	-o,8 %	-3,3 %	-2 %	-1,3 %
		RG	-	"	"	"	"
		P_R	-	-1,8 %	-6,3 %	-5,8 %	-3,3 %
linker Unterschenkel	7	RQ	-	+1,1 %	-2,9 %	-1,5 %	-o,5 %
		RG	-	"	"	"	"
		P_R	-	+o,1 %	-6,1 %	-5,1 %	-2,3 %
rechter Unterschenkel	7	RQ	-	-2,6 %	-3,7 %	-2,6 %	-2,1 %
		RG	-	"	"	"	"
		P_R	-	-3,6 %	-6,5 %	-6,5 %	-4,4 %

Tabelle 3

Tabelle 3 gibt die Durchschnittswerte der prozentualen Zu- oder Abnahme von RQ, RG und P_R zu den entsprechenden mit Null Prozent angenommenen Ruhewerten der Gruppe C beim CO_2-Gasbad wieder.

Zusatzversuch 13 a

Die Tabelle zeigt die beim Kohlensäure-Trockengas-Teilbad gemessenen durchschnittlichen Temperaturen des Luftgemisches innerhalb des Behandlungskastens. Die Schwankungsbreite der Temperaturen betrug ± 3° Celsius.

Zeit	Ruhe	nach drei Min.	nach 1. CO_2-Einstrom	nach drei Min.	nach 2. CO_2-Einstrom	nach weiteren 3 Min.	nach 3. CO_2-Einstrom	nach weiteren 3 Min.	nach 1o Min.	nach 2o Min.
mperatur in C	24,6°	34,9°	32,4°	41,9°	38,2°	45,6°	4o,2°	47,7°	39°	35,7°

Tabelle 4

Beim CO_2-Teilbad veränderte sich der Widerstand R während und nach der Behandlung nicht wesentlich. - Die Widerstandsänderungen sind apparativ erst zu erfassen, wenn sie 5 Ohm erreicht haben.

Die rheographischen Kurven zeigten weitgehend keinerlei Veränderungen ihrer Form in Bezug auf die jeweiligen Ruhewertkurven. In denjenigen Fällen, bei denen es zu einer über die in den Tabellen 1- 3 angegebenen Durchschnittswerte hinausgehende Zu- oder Abnahme der Rheogramme und rheographischen Quotienten kam, äusserte sich dies nur in einer Veränderung der Eichzacken und der Amplitudenhöhe ohne wesentliche Änderung des Kurvenverlaufs.

Bei 6 Prozent der Unterschenkel kam es jedoch während der Behandlung oder direkt nach derselben zu einem Gefäßspasmus, der aber keine stärkeren Grade annahm. Die Kurven zeigten besonders kleine Amplituden im Vergleich zum Eichstoss, einen überraschend pulssynchronen Anstieg, einen engen Kurvengipfel und scharf ausgebildete Nachwellen im absteigenden Kurventeil. Bei sklerotischen Gefässen waren natürlich die dikroten Nachwellen ausgeebnet bzw. überhaupt nicht vorhanden. Der Gefäßspasmus trat sowohl bei Versuchspersonen mit, als auch bei solchen ohne periphere

Durchblutungsstörungen auf. Im Durchschnitt betrug die Amplitudenreduktion 45 Prozent von der Ausgangsamplitudenhöhe.

Die für eine Erhöhung des Gefässwandtonus sprechenden Veränderungen zeigten sich ebenfalls im Differentialrheogramm; auch hier besonders in einer Amplitudenreduktion.

Die geringfügigen Schwankungen der Herzfrequenzen finden in dem relativen Pulsvolumen ihren Ausdruck.

3. Saugstiefelbehandlung

Gruppe A

Probanden ohne die Symptome einer peripheren arteriellen Durchblutungsstörung der unteren Extremitäten

Unterschenkel	n. US.	rheographischer Werte	Ruhewert	-5o mm/Hg	direkt nach Behandlungsende	nach weiteren 1o Minuten	nach 2o Minuten
US. mit Saugstiefel	27	RQ	-	-34,4 %	-11 %	-8,6 %	-5,9 %
		RG	-	-37,1 %	"	"	"
		P_R	-	-34,8 %	-12,8 %	-9,6 %	-8 %
zugehör. anderer US. ohne Saugst.	27	RQ	-	+1,2 %	+2,5 %	+1,5 %	+o,5 %
		RG	-	"	"	"	"
		P_R	-	+o,7 %	+o,3 %	-o,2 %	-1,9 %

Tabelle 5

Tabelle 5 gibt die Durchschnittswerte der prozentualen Zu- oder Abnahme von RQ, RG und P_R zu den entsprechenden mit Null Prozent angenommenen Ruhewerten der Gruppe A bei der Saugstiefelbehandlung wieder.

Gruppe B

Patienten mit Angioorganopathien der unteren Extremitäten

Unterschenkel	n. US.	rheographische Werte	Ruhewert	-5o mm/Hg	direkt nach Behandlungsende	nach weiteren 1o Minuten	nach 2o Minuten
US. mit Saugstiefel	18	RQ	-	-4o,3 %	-16,2 %	-8,5 %	-7 %
		RG	-	-43,1 %	"	"	"
		P_R	-	-42 %	-17,7 %	-11,6 %	-1o,8 %
zugehör. anderer US.ohne Saugst.	18	RQ	-	-o,2 %	+2,6 %	+o,8 %	+1,6 %
		RG	-	"	"	"	"
		P_R	-	-1,5 %	+o,8 %	-1,5 %	-o,6 %

Gruppe C

Patienten mit Angioneuropathien der unteren Extremitäten

Unterschenkel	n. US.	rheographische Werte	Ruhewert	-5o mm/Hg	direkt nach Behandlungsende	nach weiteren 1o Minuten	nach 2o Minuten
US. mit Saugstiefel	7	RQ	-	-36 %	-4,6 %	-1 %	+1 %
		RG	-	-38,9 %	"	"	"
		P_R	-	-37 %	-5,5 %	-3,3 %	-5,3 %
zugehör. anderer US. ohne Saugst.	7	RQ	-	+4,5 %	+2,5 %	+2,1 %	+1,5 %
		RG	-	"	"	"	"
		P_R	-	+5,9 %	+1,3 %	-o,3 %	-4,9 %

Tabelle 7

Die Tabellen 6 und 7 geben die Durchschnittswerte der prozentualen Zu- oder Abnahme von RQ, RG und P_R zu den entsprechenden mit Null Prozent angenommenen Ruhewerten der Gruppen B und C bei der Saugstiefelbehandlung wieder.

Der Grundwiderstand R im Messbereich verringerte sich bei der Saugstiefelbehandlung bei allen Probanden bei einem Unterdruck von -5o mm/Hg um ungefähr 5 Ohm und bei Wiederholung der gleichen Druckverhältnisse während einer Behandlung um ungefähr 1o Ohm. Nach Wiederherstellung der atmosphärischen Druckverhältnisse und Entfernen der Gummimanschette am Oberschenkel war der Ruhewert des Widerstandes R wieder erreicht und blieb auch bei den Messungen nach Beendigung der Behandlung auf dieser Höhe.

Die gleichfalls zur Beurteilung herangezogene Kurvenform ergab bei allen Versuchspersonen signifikante Veränderungen im Messbereich bei der Extremität, die einer Saugstiefelbehandlung unterzogen wurde. Bei der zur gleichen Zeit aufgenommenen Rheographiekurve der entsprechenden anderen Extremität ohne angelegten Saugstiefel zeigte sich keine typisch veränderte Kurve. Allen bei einem Unterdruck von -5o mm/Hg aufgenommenen rheographischen Kurven war eine starke Amplitudenreduktion gemeinsam, und zwar ohne Unterschied, ob es sich um gefässgesunde Probanden, solche mit Angioorganopathien oder um solche mit Angioneuropathien handelte.

In einigen Fällen sank RQ während des Unterdrucks unter o,5 Milliohm ab und lag somit in einer für eine Durchblutungsstörung kennzeichnenden Höhe. Maximal wurde eine Abnahme des rheographischen Quotienten bis zu 6o Prozent und des Rheogramms bis zu 64 Prozent gegenüber dem Ruhewert festgestellt.

Die folgenden Abbildungen sollen einen Einblick in die bei -5o mm/Hg stets auftretenden typischen rheographischen Kurvenbilder geben.

Zusammenfassend ergeben sich bei einem Unterdruck von -5o mm/Hg folgende Möglichkeiten von Kurvenbildern:

Ruhe

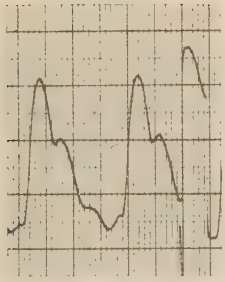


Abb. 8

-5o mm/Hg

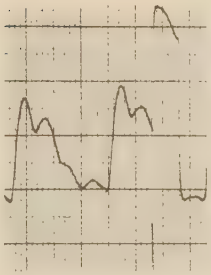


Abb. 9

direkt nach Behandlungsende

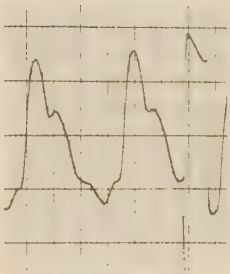


Abb. 1o

1. Die Kurvenform bleibt erhalten, es kommt nur zu einer beträchtlichen Amplitudenreduktion, wiedergegeben durch das Verhältnis von Amplitude zu Eichzacke (Abb. 8 - 1o).

Ruhe

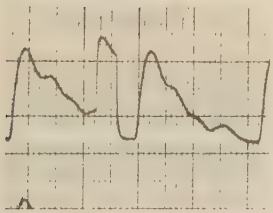


Abb. 11

-5o mm/Hg

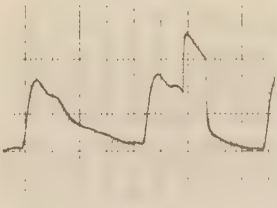


Abb. 12

direkt nach Behandlungsende

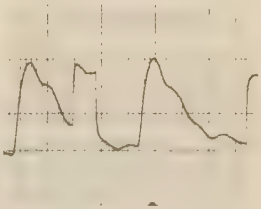
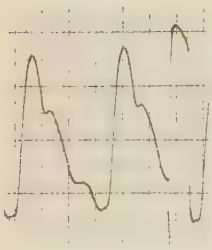
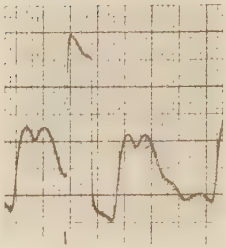


Abb. 13

2. Die Kurvenform bleibt im wesentlichen erhalten, es tritt aber eine leichte Ebnung der Nachwellen im absteigenden Kurventeil zu der Amplitudenreduktion hinzu (Abb. 11 - 13).

Ruhe -5o mm/Hg direkt nach Behandlungsende





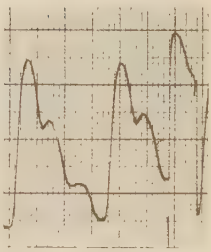
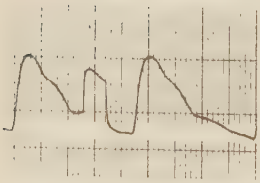
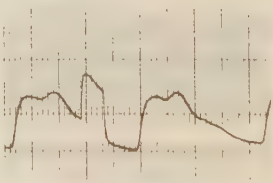


Abb. 14 Abb. 15 Abb. 16

3. Die Kurvenform wird stark verändert durch Deformation der Kurvengipfel. Die Kurve wird zweigipfelig, teilweise durch Heranrücken der Nachwellen zur Kurvenspitze, teilweise durch Senkung des Kurvengipfels, so dass von einer überdikroten Form gesprochen werden kann, (Abb. 14 - 16).

Ruhe -5o mm/Hg direkt nach Behandlungsende





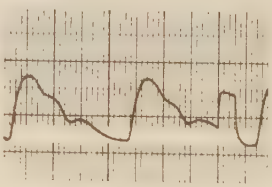
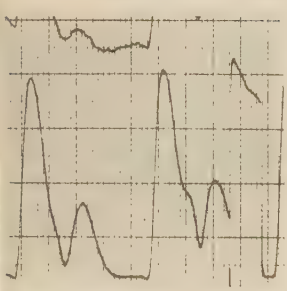
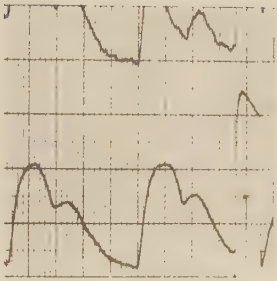


Abb. 17 Abb. 18 Abb. 19

4. Der zweite Gipfel in Form einer Nachwelle überragt den eigentlichen Kurvengipfel (Abb. 17 - 19).

Ruhe -5o mm/Hg direkt nach Behandlungsende





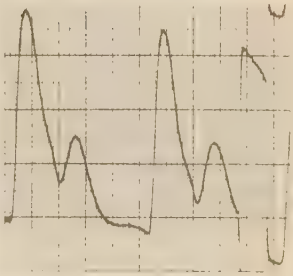
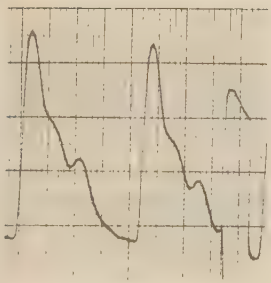
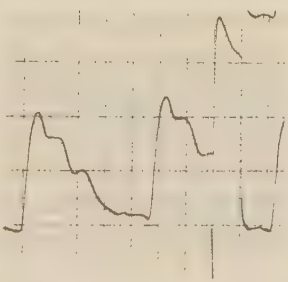


Abb. 2o Abb. 21 Abb. 22

5. Ursprünglicher Kurvengipfel und die der Inzisur folgende Nachwelle sind zu einem abgerundeten Kurvengipfel verschmolzen. Das Kurvenbild ist plump, der Gipfel ist rund. Es ist eine Inzisur mit Nachwelle vorhanden (Abb. 2o - 22).

Ruhe -5o mm/Hg direkt nach Behandlungsende





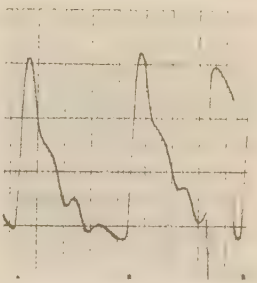
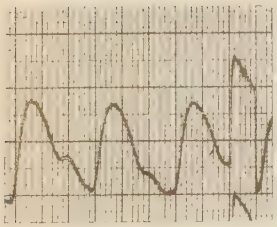
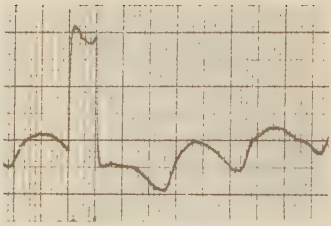


Abb. 23 Abb. 24 Abb. 25

6. Die erste Nachwelle im absteigenden Kurventeil liegt sehr gipfelnah (Abb. 23 - 25).

Ruhe | -5o mm/Hg | direkt nach Behandlungsende





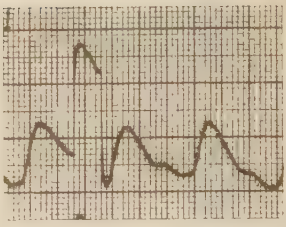


Abb. 26 | Abb. 27 | Abb. 28

7. Die Kurven, denen schwere organische Gefässwandveränderungen zugrundeliegen, nehmen die Form eines Kreissegments an (Abb. 26 - 28).

Zusammenfassend ergeben sich bei einem Unterdruck von -5o mm/Hg folgende Möglichkeiten von Kurvenbildern:

Bei 1 - 3 wird das Kurvenmaximum zur gleichen Zeit erreicht wie bei der Ruhewertkurve (Abb. 8 - 16).

Bei 4 - 7 wird das Maximum verspätet erreicht (Abb. 17).

Bei 1 - 7 erfolgen Anstieg und Abfall der Kurven weniger steil als bei dem Kurvenbild vor der Behandlung, und es herrscht eine Amplitudenreduktion vor (Abb. 8 - 28).

In allen Fällen kommt es auch im Differentialrheogramm zu einer beträchtlichen Amplitudenreduktion und zur Verringerung der Maxima.

Es zeigte sich, dass bei Versuchspersonen, bei denen auf Grund der vorliegenden anatomischen Verhältnisse die Gummimanschette des Saugstiefels zur guten Abdichtung stramm und hoch - ungefähr ein bis zwei Handbreit distal von der Leistenbeuge - angebracht war, die Amplitudenreduktion und Kurvenverplumpung am stärksten waren. Frauen mit einer ausgesprochen konischen Ober-

schenkelform, bei denen die Gummimanschette nur ein bis anderthalb Handbreit proximal der Patella befestigt werden konnte, wiesen die geringsten Veränderungen im rheographischen Kurvenbild auf.

An einer gesunden Versuchsperson, die sich durch besonders lange und muskulöse Beine auszeichnete, konnte die Gummimanschette lediglich bis auf die Patella gezogen werden. Die Amplitudenreduktion betrug bei ihr nur 15,6 Prozent und die Kurvenform war kaum verändert.

Die Versuchsergebnisse dieser Person sind in Tabelle 8 (Zusatzversuch in gleicher Weise wie 13 b, χ : Am linken Bein Blutdruckmanschette und Gummistulpe des Saugstiefels, am rechten Bein Saugstiefel) wiedergegeben.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RG	o,o98	o,o861	0,o9o5	o,o829	o,o832	o,o856	o,o896	o,o925	o,o817
%	-	-12,2	-7,1	-15,3	-15,3	-12,2	-8,2	-5,1	-16,3
RG	o,o773	o,o721	o,o662	o,o661	o,o646	o,o696	o,o747	o,o779	o,o739
%	-	-6,5	-14,3	-14,3	-15,6	-9,1	-2,6	+1,3	-3,9

	1o	11	12	13	14	15	16	17
RG	o,o811	o,o8o8	o,o841	o,o836	o,o839	o,o881	o,o9	o,o977
%	-17,3	-17,3	-14,3	-14,3	-14,3	-1o,2	-8,2	-
RG	o,o674	o,o647	o,o682	o,o679	o,o687	o,o758	o,o759	o,o77
%	-13	-15,6	-9,2	-9,2	-8,2	-1,3	-1,3	-

Tabelle 8

Den Werten in Tabelle 8 ist ausser der im Verhältnis zu anderen Versuchspersonen geringfügigen Amplitudenreduktion zu entnehmen, dass mit der Blutdruckmanschette und dem Gummiansatz des Saugstiefels zu gleichen Zeiten und unter gleichen entsprechenden Überdrucken sogar ein etwas grösseres Absinken der rheographischen

Werte zu beobachten ist. Dieser Befund konnte sonst bei keiner Versuchsperson festgestellt werden.

Zusatzversuch 13 b

Die jeweils während eines Versuchs gemessenen rheographischen Werte sind in der Tabelle 9 angegeben und in der Abbildung 28a graphisch dargestellt.

Der Widerstand R zeigte an der Extremität mit angelegter Blutdruckmanschette bzw. mit Blutdruckmanschette und Abdichtungsgummi im Gegensatz zur anderen Extremität mit Saugstiefel keinerlei Veränderung.

Legende zum Zusatzversuch 13 b

Zu α): Die unbehandelten Extremitäten weisen nur geringfügige Schwankungen der rheographischen Werte in Bezug auf die Ruhewerte auf. Bei den Extremitäten mit Saugstiefel sinken die Werte entsprechend der Zunahme des Unterdrucks und steigen allmählich wieder mit Nachlassen des Drucks, um 20 Minuten nach Behandlungsende den Ausgangswert ungefähr wieder erreicht zu haben.

Zu β): Wie aus der Tabelle 9 und den Kurven in Abbildung 28a ersichtlich ist, ist mit der Blutdruckmanschette unter gleichen Druckverhältnissen am Oberschenkel zwar auch ein Abnehmen der rheographischen Werte festzustellen, aber ein gleich hohes Absinken wie beim Saugstiefel ist nicht zu erreichen.

Zu γ): Auch mit zusätzlich neben der Blutdruckmanschette angebrachtem Gummi am Oberschenkel gelingt es nicht, analog niedrige rheographische Werte zu erzeugen, jedoch kommt man mit dem Gummi den Werten im Saugstiefel schon näher als ohne denselben.

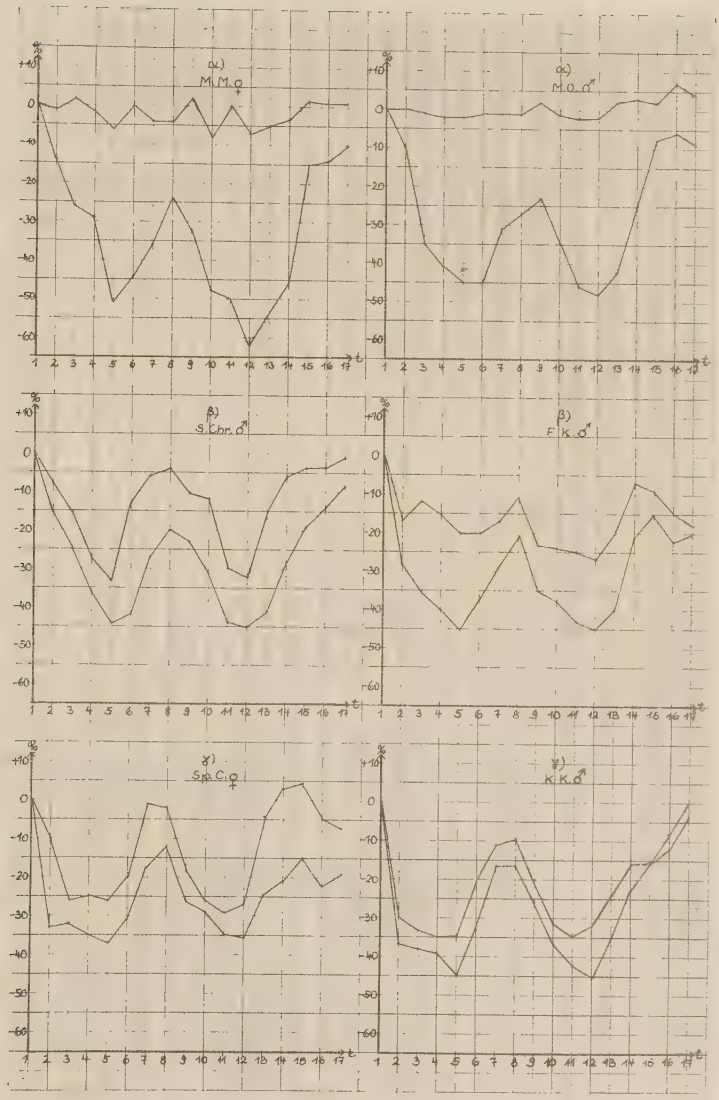


Abb. 28 a enthält die graphische Darstellung der in Tabelle 9 angegebenen Werte des Zusatzversuches 13 b.

Zusatzversuch 13 b

Nummer d.Werte (= t)	α) M.M.♀ Li.US.	M.M.♀ re.US.	M.O.♂ li.US.	M.O.♂ re.US.	β) S.Chr.♂ li.US.	S.Chr.♂ re.US.	F.K.♂ li.US.	F.K.♂ re.US.	γ) Sp.C.♀ li.US.	Sp.C.♀ re.US.	K.K.♂ li.US.	K.K.♂ re.US.
1	0,115	0,106	0,0905	0,104	0,084	0,0637	0,151	0,129	0,0888	0,0811	0,0841	0,0847
RQ	0,79	0,73	0,67	0,77	1,05	0,80	1,37	1,17	0,89	0,81	0,80	0,81
2	0,114	0,0909	0,0907	0,0937	0,0774	0,0537	0,126	0,0922	0,0802	0,0543	0,0588	0,0537
	-0,9 %	-14,2%	-	-9,6 %	-8,3 %	-15,6 %	-16,6%	-28,7%	-10,1 %	-33,3%	-29,8%	-36,5%
3	0,117	0,0784	0,0900	0,0673	0,0714	0,0481	0,133	0,0838	0,0657	0,0553	0,0558	0,0532
	1,7 %	-26 %	-1,1%	-34,6%	-15,5%	-25%	-11,9%	-34,9%	-25,8%	-32,1	-33,3%	-37,6%
4	0,113	0,0756	0,0893	0,0605	0,0605	0,0413	0,128	0,0770	0,0670	0,0530	0,0552	0,0520
	-1,7 %	-28,7%	-2,2%	-41,3%	-27,4%	-35,9%	-15,2%	-40,3%	-24,7%	-34,6%	-34,5%	-38,8%
RQ	0,78	0,54	0,66	0,47	0,75	0,55	1,16	0,73	0,67	0,56	0,52	0,52
	-1,7 %	-26 %	-2,2 %	-38,9%	-27,4%	-31,2%	-15,2%	-37,6%	-24,7%	-30,8%	-34,5%	-35,8%
5	0,108	0,0520	0,0893	0,0570	0,0563	0,0362	0,121	0,0712	0,0662	0,0506	0,0548	0,0468
	-6,1 %	-50,9%	-2,2 %	-45,2%	-33,3%	-43,8%	-19,9%	-45 %	-25,8%	-37 %	-34,5%	-44,7%
6	0,115	0,0585	0,0897	0,0574	0,0725	0,0369	0,121	0,0807	0,0711	0,0602	0,0672	0,056
	-	-44,8%	-1,1 %	-45,2%	-13,1%	-42,2%	-19,9%	-37,2%	-20,2%	-25,9%	-20,2%	-32,9%
7	0,110	0,0680	0,0899	0,0723	0,0794	0,0466	0,125	0,0917	0,0876	0,0665	0,0751	0,0706
	-4,3 %	-35,8%	-1,1 %	-30,8%	- 6%	-26,6%	-17,2%	-28,7%	-1,1 %	-17,3%	-10,7%	-16,5
8	0,110	0,0802	0,0903	0,0759	0,0807	0,514	0,134	0,102	0,0872	0,0708	0,0755	0,0711
	-4,3 %	-24,3%	-1,1 %	-26,9%	-3,6 %	-20,3%	-11,3	-20,9%	-2,2 %	-12,3%	-9,5 %	-16,5
9	0,117	0,0710	0,0890	0,0802	0,0750	0,0489	0,116	0,0842	0,0731	0,0602	0,0667	0,0632
	1,7%	-33 %	2,2%	-23,1%	-10,7%	-23,4%	-23,2%	-34,9%	-18 %	-25,9%	-20,2%	-25,9%

10	0,105	0,0537	0,0976	0,0643	0,0[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	-8,4 %	-47,9%	-1,1 %	-34,6%	-11,9%	-31,3%	-23,8%	-37,7%	-25,8%	-29,6%	-31 %	-36,5%
11	0,115	0,0534	0,0893	0,0559	0,0593	0,0362	0,113	0,0733	0,0626	0,0530	0,0550	0,0492
	-	-49,6%	-2,2 %	-46,2%	-29,8%	-43,8%	-25,2%	-43,4%	-29,2%	-34,6%	-34,5%	-42,2%
RQ	0,79	0,39	0,66	0,45	0,74	0,52	1,03	0,73	0,63	0,59	0,52	0,52
	-	-47 %	-2,2 %	-43 %	-29,8%	-35 %	-25,2%	-38 %	-29,2%	-27,2%	-34,5%	-35,8%
12	0,107	0,0422	0,0893	0,0535	0,0572	0,0347	0,111	0,0714	0,0653	0,0522	0,0570	0,0465
	-7 %	-60,2%	-2,2 %	-48,1%	-32,1%	-45,3%	-26,5%	-45 %	-27 %	-35,6%	-32,1%	-44,7%
13	0,109	0,0492	0,0930	0,0596	0,0709	0,0378	0,121	0,0768	0,0847	0,0605	0,0635	0,0549
	-5,2 %	-53,6%	2,2 %	-42,3%	-15,5%	-40,6%	-19,9%	-40,3%	-4,5 %	-24,7%	-23,8%	-35,3%
14	0,111	0,0572	0,0935	0,0784	0,0789	0,0456	0,140	0,0916	0,0924	0,0642	0,0710	0,0648
	-3,5 %	-46 %	3,3 %	-25 %	-6 %	-28,1%	-7,3 %	-20,9%	3,4%	-21 %	-15,5%	-23,5%
15	0,117	0,0901	0,0929	0,0959	0,0808	0,0516	0,138	0,107	0,0934	0,0692	0,0710	0,0722
	1,7 %	-15 %	2,2 %	-7,7 %	-3,6 %	-18,8%	-8,6 %	-17,1%	4,5 %	-14,8%	-15,5%	-15,3%
16	0,116	0,0909	0,0978	0,0982	0,0811	0,0552	0,128	0,115	0,0853	0,0626	0,0765	0,0751
	0,9 %	-14,2%	7,7 %	-5,8 %	-3,6 %	-14,1%	-15,2%	-10,9%	-4,5 %	-22,2%	-8,3 %	-11,8%
17	0,116	0,0987	0,0948	0,0935	0,0831	0,0579	0,123	0,123	0,0822	0,0645	0,0837	0,0821
	0,9 %	-10 %	4,4 %	-9,6 %	-1,2 %	-9,4 %	-18,5%	-4,7 %	-7,9 %	-19,8%	-	-3,5 %

Tabelle 9

Rheogrammwerte (RG) und bei 1., 4. und 11. Messung zusätzlich auch RQ in Ohm. Jeweils darunter die relative prozentuale Zu- (=+) oder Abnahme (=-) gegenüber dem entsprechenden Ruhewert. M.M. ♀, M.O. ♂ usw. = Namensanfangsbuchstaben gesunder Patienten, li.US. und re.US. = linker und rechter Unterschenkel, α, β, γ und Nr. 1 - 17 siehe S. 25/26).

Kurvenbilder zum Zusatzversuch 13 b (Abb. 29 - 34)

Entsprechend der Zu- und Abnahme der rheographischen Werte kommt es im Kurvenbild allmählich zu einer Amplitudenreduktion mit Abflachung der winkeligen systolischen Auslenkung aus der Basislinie, einer Verformung des Kurvengipfels, einer Ausebnung und Veränderung der dikroten Nachwellen und einem weniger steilen Abfall zur Basislinie. Bei noch mässiger Amplitudenreduktion ist die ursprüngliche Kurvenform weitgehend erhalten.

Eine Gegenüberstellung der Kurvenbilder (als Beispiele Abb. 29 - 34) der Extremitäten mit Saugstiefel (S) und derjenigen mit Blutdruckmanschette mit und ohne Gummi (B) ergibt folgendes:

1. Beide zeigen eine gewisse Ähnlichkeit ihrer Kurvenbilder.
2. Wo eine ungefähre Übereinstimmung vorhanden ist, wird diese bei B erst bei höheren Drucken erreicht als bei S.
3. Beide weisen eine Amplitudenreduktion auf, die bei S aber immer stärker ist.
4. Die Kurvenbilder von B wirken nicht so plump wie die von S.
5. Die Nachwelle überragt bei B den Kurvengipfel weit mehr als bei S.
6. Bei dem zweigipfelig imponierenden Kurvengipfel liegt das Tal zwischen beiden Gipfeln bei B tiefer als bei S.
7. Bei 5. und 6. sind bei B im Gegensatz zu S die Nachwellen viel häufiger vollständig verschwunden (ausser der einen Nachwelle im Gipfel).
8. Es kommt bei B nicht zu einer Verschmelzung der Amplitude mit der der Inzisur folgenden Nachwelle zu einem runden Kurvengipfel.
9. Der Abfall vom Kurvengipfel im diastolischen Teil ist bei B steiler als bei S.

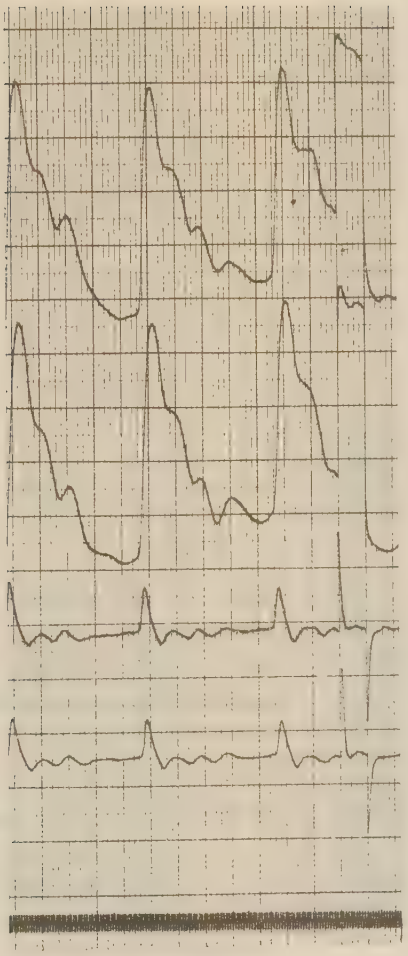


Abb. 29

Abb. 29: Typische rheographische Ruhewertkurven einer gesunden Versuchsperson mit den dazugehörigen Differential-rheogrammen.

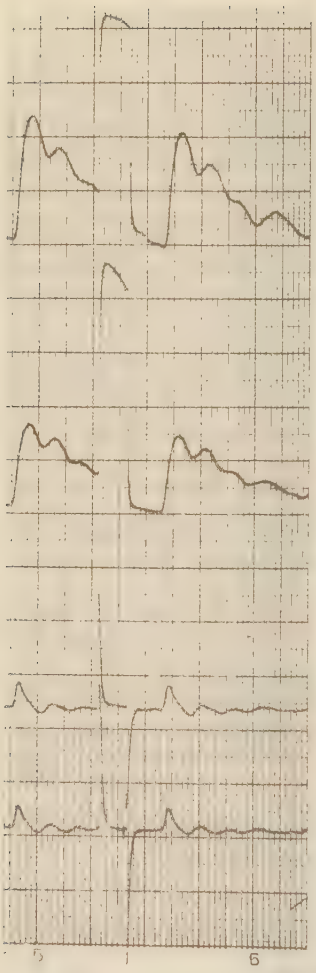


Abb. 3o

Abb. 3o - 34 zeigen Kurven, die bei einem Unter- bzw. Überdruck von 5o mm/Hg bei verschiedenen gesunden Personen gewonnen wurden (Ruhewertkurven zum Vergleich siehe Abb. 29).

1. Kurve: Rheographiekurve der Extremität mit Blutdruckmanschette und Gummistulpe;
2. Kurve: Rheographiekurve der Extremität mit Saugstiefel;
3. Kurve: Differentialrheogramm zur 1. Kurve;
4. Kurve: Differentialrheogramm zur 2. Kurve.

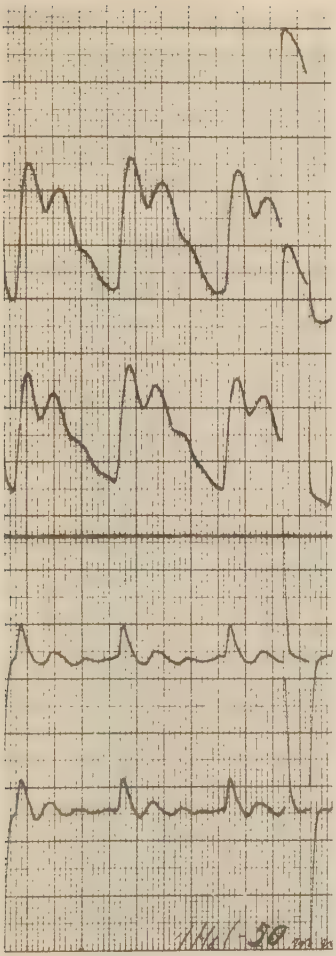


Abb. 31

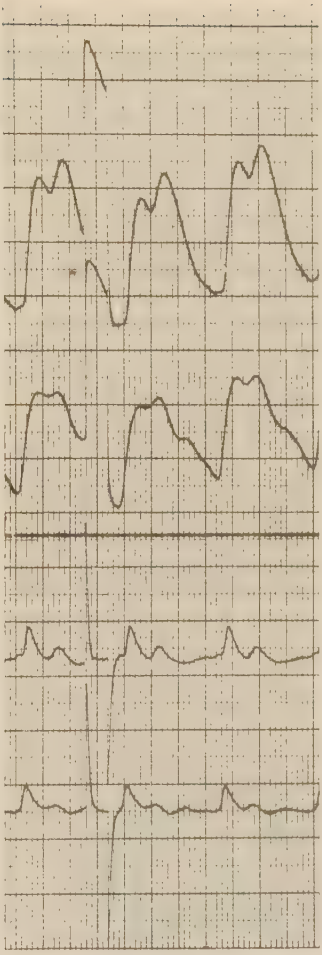


Abb. 32

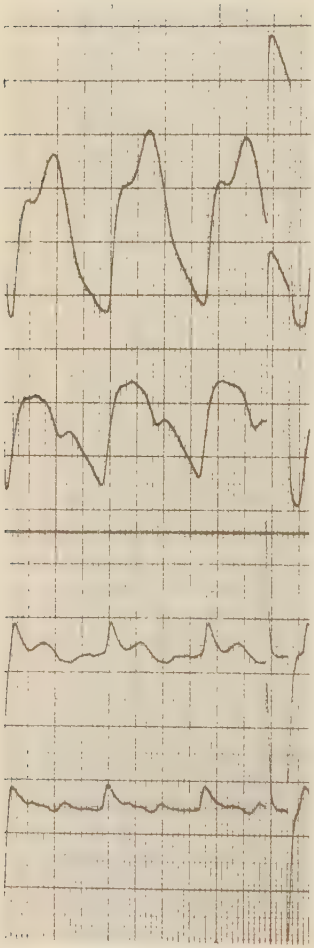


Abb. 33

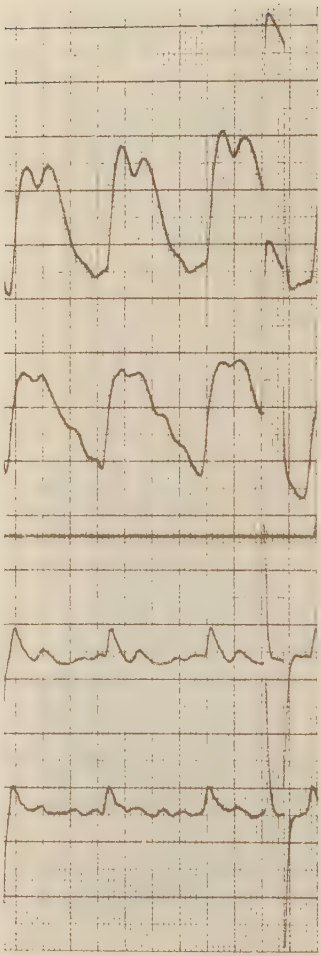


Abb. 34

4. Bindegewebsmassage

Gruppe A

Probanden ohne die Symptome der peripheren arteriellen Durchblutungsstörungen der unteren Extremitäten

Unterschenkel	n. US.	rheographische Werte	Ruhewert	Mitte der Behandlung	Ende der Behandlung	nach 1o Min.	nach 2o.Min.
li. und re.US. zusammen	52	RQ	-	+18,8 %	+18,5 %	+21,2 %	+19,5 %
		RG	-	"	"	"	"
		P_R	-	+13 %	+13,1 %	+16 %	+13,6 %
li. und re. US. aus.über bzw.8%		RQ	-	+24 %	+27,2 %	+27,8 %	+24,7 %
		RG	-	"	"	"	"
		P_R	-	+21,7 %	+22,2 %	+25,5 %	+22,6 %
linke Unterschenkel	26	RQ	-	+19,2 %	+19,1 %	+22,5 %	+2o,3 %
		RG	-	"	"	"	"
		P_R	-	+12,2 %	+13,5 %	+16,9 %	+13,8 %
linke US.über bzw. 8%		RQ	-	+24,2 %	+26,8 %	+28 %	+23,8 %
		RG	-	"	"	"	"
		P_R	-	+2o,6 %	+22,7 %	+25,1 %	+22,8 %
rechte Unterschenkel	26	RQ	-	+18,1 %	+17,9 %	+19,9 %	+18,6 %
		RG	-	"	"	"	"
		P_R	-	+13,9 %	+12,8 %	+15,1 %	+13,5 %
rechte US.über bzw. 8%		RQ	-	+23,7 %	+27,7 %	+27,6 %	+25,5 %
		RG	-	"	"	"	"
		P_R	-	+22,8 %	+21,6 %	+25,9 %	+22,3 %

Tabelle 1o

Tabelle 1o gibt die Durchschnittswerte der prozentualen Zu- oder Abnahme von RQ, RG und P_R zu den entsprechenden mit Null Prozent angenommenen Ruhewerten der Gruppe A bei der Bindegewebsmassage wieder.

Gruppe B

Patienten mit Angioorganopathien der unteren Extremitäten

Unterschenkel	n. US.	rheographische Werte	Ruhewert	Mitte der Behandlung	Ende der Behandlung	nach 1o Min.	nach 2o Min.
li. und re. US. zusammen	36	RQ	-	+25,8 %	+33,6 %	+31,5 %	+34,9 %
		RG	-	"	"	"	"
		P_R	-	+21,1 %	+25,7 %	+23,4 %	+23,8 %
li. und re.US. zus.über 6 bzw.8%		RQ	-	+3o,7 %	+37 %	+3o,7 %	+38,9 %
		RG	-	"	"	"	"
		P_R	-	+3o %	+32,9 %	+33,6 %	+33,9 %
linke Unterschenkel	18	RQ	-	+22 %	+3o,1 %	+28,7 %	+32,4 %
		RG	-	"	"	"	"
		P_R	-	+17,2 %	+22,5 %	+19,8 %	+2o %
linke US. über 6 bzw. 8%		RQ	-	+24,6 %	+34,2 %	+34,9 %	+36 %
		RG	-	"	"	"	"
		P_R	-	+26,9 %	+27,5 %	+27,6 %	+26,1 %
rechte Unterschenkel	18	RQ	-	+29,5 %	+37,2 %	+34,3 %	+37,3 %
		RG	-	"	"	"	"
		P_R	-	+24,9 %	+28,8 %	+26,9 %	+27,5 %
rechte US.über 6 bzw. 8%		RQ	-	+36,8 %	+39,7 %	+44,5 %	+41,9 %
		RG	-	"	"	"	"
		P_R	-	+33,1 %	+38,3 %	+39,6 %	+41,7 %

Tabelle 11

Tabelle 11 gibt die Durchschnittswerte der prozentualen Zu- oder Abnahme von RQ, RG und P_R zu den entsprechenden mit Null Prozent angenommenen Ruhewerten der Gruppe B bei der Bindegewebsmassage wieder.

Gruppe C

Patienten mit Angioneuropathien der unteren Extremitäten

Unter-schen-kel	n. US.	rheo-graphi-sche Werte	Ruhe wert	Mitte der Behandlung	Ende der Behandlung	nach 1o Min.	nach 2o Min.
li. und re. US. zusammen	14	RQ	-	+19,4 %	+23,1 %	+21,9 %	+22,2 %
		RG	-	"	"	"	"
		P_R	-	+19,8 %	+17,4 %	+14,1 %	+12,5 %
li. und re.US. zus.über 6 bzw.8%		RQ	-	+2o,8 %	+28,8 %	+27,8 %	+26 %
		RG	-	"	"	"	"
		P_R	-	+24,1 %	+24,2 %	+22,7 %	+17,8 %
linke Unter-schen-kel	7	RQ	-	+18,3 %	+24,6 %	+23,6 %	+22,2 %
		RG	-	"	"	"	"
		P_R	-	+2o,2 %	+19,9 %	+15,5 %	+13,2 %
linke US. über 6 bzw. 8%		RQ	-	+21,1 %	+33,4 %	+32,4 %	+29,7 %
		RG	-	"	"	"	"
		P_R	-	+23,2 %	+27,6 %	+26,8 %	+21,5 %
rechte Unter-schen-kel	7	RQ	-	+2o,5 %	+21,6 %	+2o,1 %	+22,3 %
		RG	-	"	"	"	"
		P_R	-	+19,5 %	+14,9 %	+12,7 %	+11,9 %
rechte US.über 6 bzw. 8%		RQ	-	+2o,5 %	+24,2 %	+23,2 %	+22,3 %
		RG	-	"	"	"	"
		P_R	-	+25 %	+2o,7 %	+18,5 %	+14,1 %

Tabelle 12

Tabelle 12 gibt die Durchschnittswerte der prozentualen Zu- oder Abnahme von RQ, RG und P_R zu den entsprechenden mit Null Prozent angenommenen Ruhewerten der Gruppe C bei der Bindegewebsmassage wieder.

Beim Abgleichen der Meßstrecke bei der Bindegewebsmassage zeigte sich keine besondere Veränderung des Widerstandes R gegenüber seinem Wert vor der Behandlung. Die Auswertung der Amplituden- und Eichzackenhöhe ergab jedoch signifikante Veränderungen, die in den Tabellen 1o - 12 ihren Ausdruck finden.

Bei den Behandlungen mit einer Bindegewebsmassage deutete das Untersuchungsmaterial bei den Versuchspersonen ohne periphere Durchblutungsstörungen zu 65,4 Prozent, bei den mit Angioorganopathien zu 77,7 Prozent, und bei den mit Angioneuropathien zu 71,4 Prozent auf ein Ansprechen der Blutgefässe im Unterschenkelbereich. Die Versuchspersonen wiesen eine mit der Rheographie erfassbare Reaktion bei der ersten und zweiten Behandlung, oder nur bei der ersten, nur bei der zweiten bzw. bei keiner der beiden Behandlungen auf. Die Reaktion war entweder an beiden, an einer oder an keiner der beiden Unterschenkelbereiche festzustellen. Falls sich eine Veränderung in der rheographischen Kurve bemerkbar machte, so trat diese in der Mitte, spätestens direkt nach Beendigung der Massage ein. Unter denjenigen Versuchspersonen, die keinerlei signifikante Veränderungen der rheographischen Werte gegenüber denen direkt vor der Behandlung aufwiesen, befanden sich vorwiegend solche, bei denen auf Grund von Ca-Metastasen im Beckenbereich eine Röntgenbestrahlung durchgeführt wurde, und solche mit schweren Angioorganopathien mit einer Dysbasia intermittens von fünf Metern. Die letzteren hatten den rheographischen Kollateralkurventyp. Der Rest war ohne Besonderheiten.

Abgesehen von der Zunahme des Rheogramms, des rheographischen Quotienten und des relativen Pulsvolumens, zeigte sich das Ansprechen der Blutgefässe im Unterschenkelbereich im rheographischen Kurvenbild in einer Amplitudenzunahme im Vergleich zur Eichzackenhöhe. Im Differentialrheogramm kam es ebenfalls zu einer Überhöhung der Amplitude. Im extremsten Fall betrug bei einem Patienten mit einer Angioorganopathie an den unteren Extremitäten die Zunahme des Rheogramms (RG) gegenüber dem Wert vor der Behandlung 139 Prozent. Bei der Amplitudenzunahme waren Anzeichen

für eine Abrundung des Kurvengipfels und für eine geringfügige Verschiebung des Kurvenmaximums gegen die Diastole vorhanden. Die Nachwellen im katakroten Kurventeil verschwanden aber nicht, so dass sich kein ausgesprochener "Erschlaffungstyp" zeigte.

Kurvenbeispiele zur Bindegewebsmassage

Ruhe

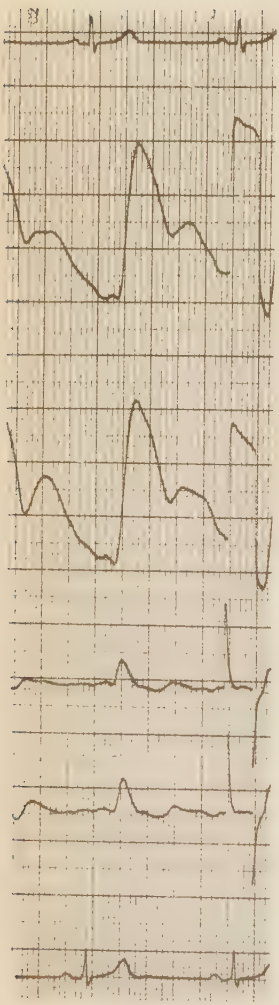


Abb. 35

Mitte

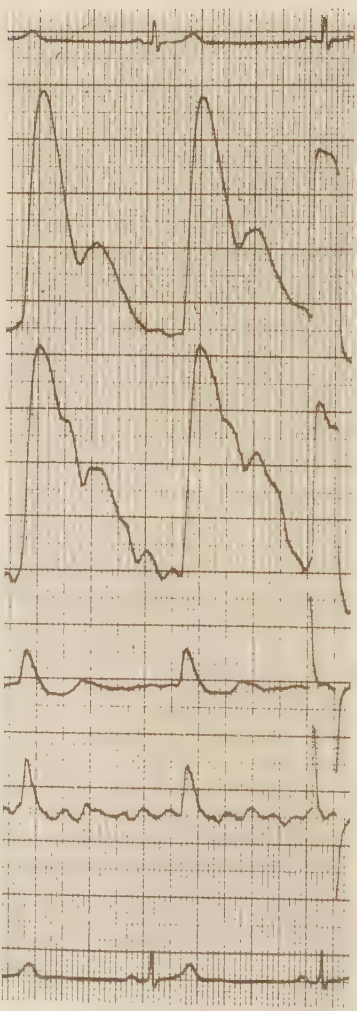


Abb. 36

direkt nach Behandlungsende

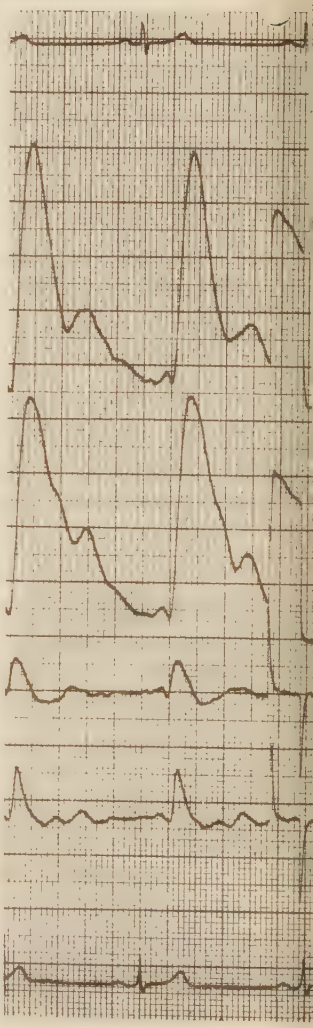


Abb. 37

Ruhe

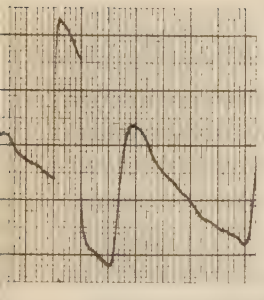


Abb. 38

Mitte

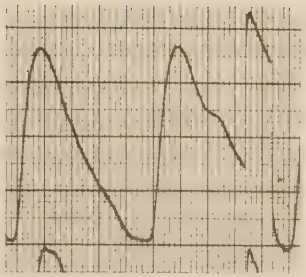


Abb. 39

direkt nach Behandlungsende

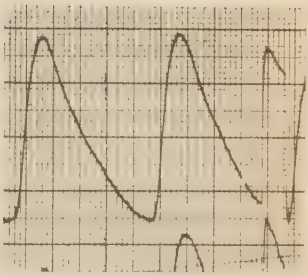


Abb. 4o

Abbildungen 35 - 37 zeigen Patient mit Angioneuropathie. Von oben nach unten:
1. Kurve: EKG, I. Ableitung;
2. Kurve: Rheographische Kurve des linken Unterschenkels;
3. Kurve: Rheographische Kurve des rechten Unterschenkels;
4. Kurve: Differentialrheogramm zur 2. Kurve;
5. Kurve: Differentialtheogramm zur 3. Kurve;
6. Kurve: EKG, II. Ableitung.

Abbildungen 38 - 4o zeigen Rheographiekurven von Patient mit schwerer Angioorganopathie.

E) Fehlerrechnung und Statistik

1. Allgemein

Um die Voraussetzungen für die Genauigkeit des Versuchs zu gewährleisten, und um fehlerhafte Ergebnisse zu vermeiden, wurden - wie aus dem Kapitel über die Methodik ersichtlich - bei der Anlage des Versuchsplanes allgemeine statistische Grundsätze berücksichtigt. Eine objektive Beurteilung der Versuchsergebnisse ist aber ohne die Anwendung der mathematisch-statistischen Prüfverfahren nicht möglich, da alle bei den Messungen gewonnenen Grössen nicht exakt erfassbar sind. Sie alle sind mit einem Fehler behaftet. Mit Hilfe der auf GAUSS zurückgehenden Ausgleichsrechnung der sogenannten "Methode der kleinsten Quadrate" (ZURMÜHL [179]) ist es aber möglich, brauchbare Mittelwerte zu finden und auch Angaben über die Genauigkeit dieser Mittelwerte zu machen.

Im folgenden werden die möglichen Ursachen für die Fehlerquellen aufgezeigt.

2. Fehlerquellen

a) Messinstrumente

Man kann annehmen, dass der apparativ bedingte systematische Fehler bei allen Fällen gleich gross ist, dass immer zu kleine oder zu grosse Werte gemessen wurden. Beim Vergleich der Ergebnisse spielt dies also keine Rolle. Dagegen werden alle statistischen Fehler, auch wenn sie durch das Gerät (Rheograph) hervorgerufen werden, in der Fehlerrechnung erfasst.

b) Abmessung und Ablesung der Werte A (Amplitude), Ez (Eichzacke), T (Herzfrequenz) und R (Widerstand Ohm) mit Abschätzung der Ablesegenauigkeit

Die Ablesung von A, Ez und T erfolgt in einem Schwankungsbereich von maximal $\pm$ o,5 Skalenteilen (mm). Im Mittel erge-

ben sich für die Grösse der Werte 25 Skalenteile (mm). Damit ergibt sich der maximale relative Fehler bei einer Ablesung zu 2 Prozent. Bei jeweils sechs gemessenen Werten erhält man dann nach der auf S. 63 beschriebenen Fehlerrechnung für den Mittelwert einen relativen Ablesefehler von 1 Prozent.

Der mittlere Ablesefehler bei sechs Messungen von A, Ez und T beträgt maximal 1 Prozent und nach Seite 68 der zusammengesetzte Ablesefehler bei RQ 2 Prozent

$$\left(\left|\frac{RQ}{RQ}\right| = \left|\frac{1}{100}\right| + \left|\frac{1}{100}\right| = 2\ \%\right) \text{ und bei } P_R \quad 3\ \%.$$

$$\left(\left|\frac{P}{P_R}\right| = \left|\frac{1}{100}\right| + \left|\frac{1}{100}\right| + \left|\frac{1}{100}\right| = 3\ \%\right).$$

Wenn die Schwankungen von A, Ez und T grösser als rund 1 Prozent, die von RQ grösser als rund 2 Prozent und die von P_R grösser als rund 3 Prozent sind, kann man daraus folgern, dass die zusätzlichen Schwankungen verursacht werden durch die dritte Fehlerquelle.

c) Schwankungen vonseiten des Patienten

1. Atmungseinflüsse,
2. Unruhe (Tremor),
3. Pathologische Verhältnisse in Herz- und Gefäßsystem, Veränderung des Schlagvolumens bzw. der Herzfrequenz, Blutdruck sowie extravasal bedingte Ursachen (Muskelatrophie, Ödem, Varikosis). Wie sich all dieses in der Rheographie äussert, ist aus den Untersuchungen von KAINDL, POLZER und SCHUHFRIED (85) ersichtlich.
4. Einfluss der Gemütsverfassung auf Blutdruck und periphere Durchblutung, wie er von OSTWALD (125) festgestellt worden ist.
5. Spontan-rhythmische Schwankung der Muskeldurchblutung (nach Untersuchungen von GOLENHOFEN und HILDEBRANDT [5o], [66] kann die Amplitude dieser Schwankung bis zu 1oo Prozent

der Ruhedurchblutung betragen und häufig ein sogenannter "Ein-Minuten-Rhythmus der Muskeldurchblutung" vorliegen.)

6. Durch die Steuerung der peripheren Durchblutung nach HENSEL (6o) im Dienste des Stoffwechsels, der Temperatur- und Blutdruckregelung.
7. Tagesrhythmische Schwankungen, wie sie in ihrer Bedeutung für die physikalische Therapie von HILDEBRANDT und ENGELBERTZ (67) dargestellt worden sind.
8. Die Regulation der peripheren Durchblutung in Abhängigkeit vom Alter nach PABST und AUER (127).
9. Durch die Therapie hervorgerufene Schwankungen in der peripheren Durchblutung.

Die gemessenen Werte zeigen Schwankungen, die durch Überlagerung der in 1) bis 3) beschriebenen Fehler entstehen. Bei sämtlichen Patienten sind die Fehler, die durch 1) und 2) hervorgerufen werden, gleich. Abweichungen ergeben sich nur aus den unter 3) aufgezählten Punkten. Hierbei handelt es sich zwar statistisch um Fehler, aus medizinischer Sicht betrachtet aber um die bei lebenden Individuen nicht wegzudenkenden biologischen Rhythmen.

3. Durchführung der Fehlerrechnung an einem Beispiel

a) Mittelwert

Zum Ausgleich der Mess-Ungenauigkeit wurde jeder Wert sechsmal gemessen, daraus das arithmetische Mittel, kurz Mittelwert genannt, nach der üblichen Form gebildet:

$$x = \frac{[l]}{n} = \frac{\sum_{\nu=1}^{6} l_\nu}{6} \qquad (1)$$

x = gesuchte Emplitude A, Eichzacke Ez oder Herzfrequenz T,

n = Anzahl der Beobachtungen = 6,

l_ν = die jeweils gemessenen Werte A, Ez und T.

Sämtliche Werte sind bei Ausrechnung der Ergebnisse auf sinnvolle Stellenzahlen abgerundet.

ν = Index (1 ... 6)

Amplitude

ν	l_A	v	v^2
1	3o,5	-o,3	o,o9
2	3o	+o,2	o,o4
3	29	+1,2	1,44
4	29	+1,2	1,44
5	31	-o,8	o,64
6	32	-1,8	3,24
	3o,2		6,89

$(A)_{mittel}$ = 3o,2

[v·v] = 6,89

Eichzacke

ν	l_{Ez}	v	v^2
1	27,5	+o,7	o,49
2	28	+o,2	0,o4
3	28,5	-o,3	o,o9
4	28,5	-o,3	o,o9
5	28,5	-o,3	o,o9
6	28	+o,2	o,o4
	28,2		o,84

$(Ez)_{mittel}$ = 28,2

[v·v] = o,84

Herzfrequenz

ν	$l_{T'}$	v	v^2
1	3o	-o,9	o,81
2	28,5	+o,6	o,36
3	27,5	+1,6	2,56
4	29,5	-o,4	o,16
5	3o	-o,9	o,81
6	29	+o,1	o,o1
	29,1		4,71

$(T')_{mittel}$ = 29,1

[v·v] = 4,71

v = Fehler = Abweichung vom Mittelwert

[v · v] = Quadratsumme der einzelnen Abweichungen vom Mittelwert

T' = Abstand von R - Q im EKG

$T=\frac{T'}{25}$ 25= Geschwindigkeit des Papiertransports in mm/s

b) Mittlerer Fehler der Einzelmessung

α) Absolute Fehler

$$m = \sqrt{\frac{[v \cdot v]}{n-1}} \qquad (2)$$

m = mittlerer Fehler der Einzelmessung

Definition von [v·v]:

$$v \cdot v = \sum_{\nu=1}^{n} v_\nu^2 \qquad (3)$$

Für Ez und T gilt entsprechendes.

Unser Beispiel:

$$m_A = \sqrt{\frac{6,89}{5}} = 1,17$$
$$m_{Ez} = \sqrt{\frac{0,84}{5}} = 0,41$$
$$m_{T'} = \sqrt{\frac{4,71}{5}} = 0,97$$

$$m_A = \pm 1,17$$
$$m_{Ez} = \pm 0,41$$
$$m_{T'} = \pm 0,97$$

sind die absoluten mittleren Fehler der Einzelmessung.

ß) Relative Fehler

$$\frac{m \cdot 100}{x} = m_{relativ} \qquad (4)$$

Die relativen mittleren Fehler der Einzelmessung betragen für

$$A : \frac{m_A}{(A)_{mittel}} = \pm \frac{1{,}17 \cdot 100}{30{,}2} \approx \pm 4\ \%$$

$$Ez : \frac{m_{Ez}}{(Ez)_{mittel}} = \pm \frac{0{,}41 \cdot 100}{28{,}2} \approx \pm 1{,}5\ \%$$

$$T' : \frac{m_{T'}}{(T')_{mittel}} = \pm \frac{0{,}97 \cdot 100}{29{,}1} \approx \pm 3\ \%$$

c) Mittlerer Fehler des Mittelwertes x

α) Absolute Fehler

$$M_x = \frac{m}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{[v \cdot v]}{n(n-1)}} \qquad (5)$$

M_x = mittlerer Fehler des Mittelwertes x

Unser Beispiel:

$$M_A = \frac{1{,}17}{\sqrt{6}} = \pm 0{,}48 \approx \pm 0{,}5$$

$$M_{Ez} = \frac{0{,}41}{\sqrt{6}} = \pm 0{,}17 \approx \pm 0{,}2$$

$$M_{T'} = \frac{0{,}97}{\sqrt{6}} = \pm 0{,}39 \approx \pm 0{,}4$$

M_A, M_{Ez} und $M_{T'}$ sind die absoluten mittleren Fehler der entsprechenden Mittelwerte.

β) Relative Fehler

$$\frac{M_x}{x} = \frac{M_x \cdot 100}{x} = (M_x)_{relativ} \qquad (6)$$

$$\frac{M_A}{(A)_{mittel}} = \pm \frac{0{,}48 \cdot 100}{30{,}2} = \pm 1{,}6\ \%$$

$$\frac{Ez}{(Ez)_{mittel}} = \pm \frac{0{,}17 \cdot 100}{28{,}2} = \pm\ 0{,}6\ \%$$

$$\frac{T'}{(T')_{mittel}} = \pm \frac{0{,}39 \cdot 100}{29{,}1} = \pm\ 1{,}3\ \%$$

Die relativen mittleren Fehler der Mittelwerte betragen somit für

$$M_A = \pm\ 1{,}6\ \%$$
$$M_{Ez} = \pm\ 0{,}6\ \%$$
$$M_{T'} = \pm\ 1{,}3\ \%$$

d) Ergebnis

$$A = 30{,}2 \pm 0{,}48\ (\pm 1{,}6\ \%)$$
$$Ez = 28{,}2 \pm 0{,}17\ (\pm 0{,}6\ \%)$$
$$T' = 29{,}1 \pm 0{,}39\ (\pm 1{,}3\ \%)$$

e) Maximaler Fehler

Die obigen Fehlerrechnungen 2) und 3) setzen voraus, dass man Statistik treiben kann, d.h. dass grosse Messreihen vorliegen. Bei einer geringen Anzahl von Messwerten wird nämlich leicht eine höhere Genauigkeit vorgetäuscht, als tatsächlich vorhanden ist. In solchen Fällen gibt man meist nur den maximalen Fehler an. Man versteht darunter die grösste Abweichung vom Mittelwert.

Beispiel:

ν	1	2	3	4	5	6
l_ν	30	30	29	28,5	29,5	20

Mittelwert: 26,5
Grösste Abweichung vom Mittelwert: 6,5
Absoluter maximaler Fehler also 6,5
Relativer maximaler Fehler $\frac{6{,}5 \cdot 100}{26{,}5} \approx 25\ \%$

Bei den vorliegenden Untersuchungen wurden Messreihen mit je sechs Messungen genommen. Es interessiert jedoch nicht wie bei physikalischen Messungen der absolute Fehler dieser Messung, sondern mehr die Schwankung der gemessenen Grösse, wie sie durch den Patienten verursacht wird. Bei der Bestimmung des maximalen Fehlers wird aber nur ein Messpunkt herausgegriffen, während die Bestimmung des mittleren Fehlers nach 2) und 3) alle Messungen in gleicher Weise berücksichtigt. Im vorliegenden Fall ist also die auf der Statistik beruhende "Fehlerrechnung" angebracht.

') Zusammengesetzte Fehler

α) Gesamtfehler nach Fehlerfortpflanzungsgesetz

Von den bisher aus den Messungen ermittelten Zahlenwerten (Mittelwerte mitsamt ihren Fehlern) liegen nun formelmässig angebbare Beziehungen zu weiteren für die Auswertung der Versuche entscheidenden Grössen vor. Es pflanzen sich also die Messfehler der Amplitude, der Eichzacke und der Herzfrequenz auf das endgültige Rechenergebnis von RG (Rheogramm), RQ (rheographischer Quotient) und P_R (relatives Pulsvolumen) fort. Dies geschieht nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz von GAUSS, das sich durch den Linearanteil einer Taylor-Entwicklung und durch Differentiation ermitteln lässt.

Für den Gesamtfehler einer Grösse f, die von x, y und z abhängt, erhält man:

$$M_f = \sqrt{\left(\frac{\delta f}{\delta x} \cdot M_x\right)^2 + \left(\frac{\delta f}{\delta y} \cdot M_y\right)^2 + \left(\frac{\delta f}{\delta z} \cdot M_z\right)^2 + \ldots} \qquad (7)$$

$M_f = M_{RQ}$ bzw. M_{P_R} = Gesamtfehler von RQ bzw. P_R aus den

Fehleranteilen $M_x = M_A$

$M_y = M_{Ez}$

$M_z = M_T$,

Somit ergibt sich für $RQ = \frac{A \cdot Ew \cdot 1\,000}{Ez \cdot R}$ und

$$P_R = \frac{A \cdot Ew}{Ez \cdot R \cdot T}$$

$$M_{RQ} = \sqrt{\left(\frac{\delta RQ}{\delta A} \cdot M_A\right)^2 + \left(\frac{\delta RQ}{\delta Ez} \cdot M_{Ez}\right)^2} \qquad (8)$$

$$M_{RQ} = \sqrt{\left(\frac{Ew \cdot 1\,000}{Ez \cdot R} \cdot M_A\right)^2 + \left(\frac{A \cdot Ew \cdot 1\,000}{Ez^2 \cdot R} \cdot M_{Ez}\right)^2} \qquad (9)$$

$$M_{P_R} = \sqrt{\left(\frac{\delta P_R}{\delta A} \cdot M_A\right)^2 + \left(\frac{\delta P_R}{\delta Ez} \cdot M_{Ez}\right)^2 + \left(\frac{\delta P_R}{\delta T} \cdot M_T\right)^2} \qquad (10)$$

$$M_{P_R} = \sqrt{\left(\frac{Ew}{Ez \cdot R \cdot T} \cdot M_A\right)^2 + \left(\frac{A \cdot Ew}{Ez^2 \cdot R \cdot T} \cdot M_{Ez}\right)^2 + \left(\frac{A \cdot Ew}{Ez \cdot R \cdot T^2} \cdot M_T\right)^2} \qquad (11)$$

Ew = Eichwert (konstant)

R = Widerstand im Messbereich

R zeigte während der Durchführung eines Versuchs bei einem bestimmten Patienten keine wesentliche Änderung bis auf den gemessenen Wert von -5o mm/Hg im Saugstiefel, aber auch bei letzterem ergab sich eine konstante Verringerung des Widerstandes um ungefähr 5 Ohm. Die Ohm-Skala zeigt bewusst keine feinere Einteilung, da dies nur eine scheinbare Genauigkeit mit sich bringen würde. die auf der anderen Seite durch variable Übergangswiderstände wieder aufgehoben würde. Aus technischen Gründen ist es bisher auch nicht möglich, das jeweils entsprechende R von l_A und l_{Ez} zu ermitteln. Aus diesen Gründen kann R bei jedem einzelnen Versuch in unserem Falle als Konstante angesehen werden und entzieht sich damit einer gesonderten Fehlerrechnung.

Unser Beispiel:

$A = 3o,2$ $\qquad M_A = o,48$

$Ez = 28,2$ $\qquad M_{Ez} = o,17$

$T' = 29,1$ $\qquad M_T = \frac{o,39}{25} = o,o15$

T = 1,16

Ew= o,o5 bzw. 5o

R = 85

Für M_{RQ} ergibt sich dann aus Formel (9) als absoluter Fehler ± o,o115 und als relativer Fehler des Ergebnisses

$$\frac{o,o115 \cdot 1oo}{o,63} = \pm 1,8\,\% \approx \pm 2\,\%$$

RQ = 0,63 Milliohm

Für M_{P_R} erhält man aus Formel (11) als absoluten Fehler ± o,o158 und als relativen Fehler des Ergebnisses

$$\frac{o,o158 \cdot 1oo}{o,544} = \pm 2,9\,\% \approx \pm 3\,\%$$

P_R = o,544 Milliohm

Für RG (Rheogramm) trifft die gleiche Fehlerrechnung zu wie für RQ, da in beiden Formeln die gleichen Messfehler enthalten sind.

ß) Näherung

Die Berechnung der mittleren Schwankung lässt sich auch nach folgender Näherung durchführen:

Man nimmt an, dass der Fehler von $P_R = M_{P_R}$ so klein ist, dass man $M_{P_R} = \Delta P_R$ näherungsweise durch das Differential dP_R ersetzen kann. Für das totale Differential d_{P_R} kann man schreiben, wenn man A, Ez und T als Variable annimmt:

$$d_{P_R} = \frac{\delta P_R}{\delta A} \cdot dA + \frac{\delta P_R}{\delta Ez} \cdot dEz + \frac{\delta P_R}{\delta T} \cdot dT.$$

Dies entspricht

$$\left| M_{P_R} \right| = \left| \frac{\delta P_R}{\delta A} \cdot M_A \right| + \left| \frac{\delta P_R}{\delta Ez} \cdot M_{Ez} \right| + \left| \frac{\delta P_R}{\delta T} \cdot M_T \right|$$

Für die relative Änderung $\frac{M_{P_R}}{P_R}$ erhält man:

$$\left| \frac{M_{P_R}}{P_R} \right| = \left| \frac{\delta P_R}{\delta A} \cdot \frac{M_A}{P_R} \right| + \left| \frac{\delta P_R}{\delta Ez} \cdot \frac{M_{Ez}}{P_R} \right| + \left| \frac{\delta P_R}{\delta T} \cdot \frac{M_T}{P_R} \right|$$

Nach der Differentiation ergibt sich als Näherungsformel für den relativen mittleren Gesamtfehler von P_R:

$$\left| \frac{M_{P_R}}{P_R} \right| = \left| \frac{M_A}{A} \right| + \left| \frac{M_{Ez}}{Ez} \right| + \left| \frac{M_T}{T} \right|$$

In analoger Weise erhält man für RQ:

$$\left| \frac{M_{RQ}}{RQ} \right| = \left| \frac{M_A}{A} \right| + \left| \frac{M_{Ez}}{Ez} \right|$$

Für unser Beispiel ergibt sich:

$$\left| \frac{M_{P_R}}{P_R} \right| \approx \left| 1,6 \right| + \left| 0,6 \right| + \left| 1,3 \right| = \pm 3,5\ \%$$

$$\left| \frac{M_{RQ}}{RQ} \right| \approx \left| 1,6 \right| + \left| 0,6 \right| = \pm 2,2\ \%$$

Den relativen Fehler des Ergebnisses erhält man also in diesem Falle durch Addition der relatiben Fehler der gemessenen Werte.

Die Berechnung der mittleren Schwankung nach a) ist nur bei sehr grossen Zahlenreihen angebracht, weil sie sonst leicht eine zu hohe Genauigkeit vortäuscht.

Brauchbare Ergebnisse erhält man einfacher nach der Näherungsformel. In unserem Beispiel ergaben sich also nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz für den relativen Fehler von P_R ± 3 %, nach der Näherungsformel ± 3,5 %, entsprechend für RQ ± 2 % bzw. 2,2 %. Die Differenz ist also gering und praktisch ohne Bedeutung.

) Mathematisch-statistisches Prüfverfahren an neun Einzelversuchen

α) Absolute mittlere Fehler der relativen Zu- oder Abnahme

Es werden nun je drei charakteristische Versuche aus der Saugstiefel-, Bindegewebsmassage- und Kohlensäure-Trockengas-Teilbad-Serie herausgegriffen und einzeln den mathematisch-statistischen Prüfverfahren unterworfen. In den Tabellen 13 - 21 sind die errechneten Werte zusammen mit der auf den Ruhewert bezogenen relativen Zu- oder Abnahme eingetragen und in den Diagrammen 41 - 43 aufgezeichnet. Die verwendeten Abkürzungen entsprechen genau denen, die in den vorhergehenden Kapiteln eingeführt worden waren. Neu hinzugekommen ist der absolute mittlere Fehler der relativen Zu- oder Abnahme gegenüber dem Ruhewert von RQ bzw. P_R. Diesen mit N bezeichneten Fehler erhält man durch folgende Formel:

$$\frac{\text{relativer Fehler von RQ mal zugehöriger Wert von RQ}}{\text{Ruhewert von RQ}} = N$$

Für P_R gilt entsprechendes.

Beispiel:

Relativer Fehler von RQ = ± 2,1 %
zugehöriger Wert von RQ = 1,48
Ruhewert von RQ = 1,32

$$\frac{2,1 \cdot 1,48}{1,32} \approx 2,5\ \%\ (N)$$

Die Abweichungen von dem errechneten Prozentsatz sind mathematisch gesichert (HOSEMANN [71]), wenn sie grösser sind als der dreifache mittlere Fehler, also grösser als N multipliziert mit 3. Der dreifache Wert von N wird mit N_3 bezeichnet.

Abkürzungen für die nun folgenden Tabellen 13 - 21:

abs. = absolut, rel. = relativ, mm = Millimeter, Ohmwert = in Milliohm, Z = relative prozentuale Zu- oder Abnahme gegenüber dem Ruhewert (+ = Zu-, - = Abnahme), N_3 = dreifacher Wert von N, restliche Abkürzungen entsprechen den bisherigen.

β) Neun Beispiele

Kohlensäure-Trockengas-Teilbad

Zeit		mm	m_{abs}	m_{rel}	M_x abs	M_x rel		Ohm-wert	M_{RQ} bzw. M_{P_R}	Z	N	N_3
Ruhe	A	11,3	± 0,41	±3,6%	±0,16	±1,4 %	RQ	1,32	±3,7%	-	±3,7%	±11,1%
	Ez	9,5	± 0,54	±5,7%	±0,22	±2,3 %						
	T	16	-	-	-	-	P_R	2,05	±3,7%	-	±3,7%	±11,1%
nach 2. CO_2-Einstrom	A	11,6	± 0,49	±4,2%	±0,2	±1,7 %	RQ	1,36	±4 %	3 %	±4,1%	±12,3%
	Ez	9,5	± 0,54	±5,7%	±0,22	±2,3 %						
	T	17	-	-	-	-	P_R	2	±4 %	-2,4%	±3,9%	±11,7%
nach Behandlungsende	A	12,8	±0,22	±1,7%	±0,08	±0,6 %	RQ	1,48	±2,1%	12,1%	±2,4%	± 7,2%
	Ez	9,6	±0,37	±3,8%	±0,15	±1,5 %						
	T	17	-	-	-	-	P_R	2,17	±2,1%	5,9%	±2,2%	± 6,6%
nach 1o Min.	A	13,2	±0,28	±2,1%	±0,11	±0,8 %	RQ	1,54	±3,1%	16,7%	±3,6%	±1o,8%
	Ez	9,5	±0,54	±5,7%	±0,22	±2,3%						
	T	17,7	±0,28	±1,6%	±0,11	±0,6%	P_R	2,17	±3,7%	5,9%	±3,9%	±11,7%
nach 2o Min.	A	13,9	±0,37	±2,6%	±0,15	±1,1%	RQ	1,61	±3,2%	21,9%	±3,9%	±11,7%
	Ez	9,6	±0,49	±5,1%	±0,2	±2,1%						
	T	18,2	±0,28	±1,5%	±0,11	±0,6%	P_R	2,2	±3,8%	7,3%	±4,1%	±12,3%

H.Ch.♀ , 54 Jahre, keine peripheren arteriellen Durchblutungsstörungen (Hyperthyreose), linker Unterschenkel

Beispiel für das mathematisch-statistische Prüfverfahren im Einzelversuch

Beispiel für das mathematisch-statistische Prüfverfahren im Einzelversuch

beim Kohlensäure-Trockengas-Teilbad

Zeit		mm	m_{abs}	m_{rel}	$M_{x\ abs}$	$M_{x\ rel}$		Ohm-wert	M_{RQ} bzw. M_{PR}	Z	N	N_3
Ruhe	A	15,6	±o,54	±3,4%	±o,24	±1,5%	RQ	o,24	±2,5%	-	±2,5%	±7,5%
	Ez	22	±o,5	±2,2%	±o,22	±1 %						
	T	17,2	±o,28	±1,6%	±o,11	±o,6%	P_R	o,34	±3,1%	-	±3,1%	±9,3%
nach 2. CO_2-Einstrom	A	14,9	±o,22	±1,4%	±o,09	±o,6%	RQ	o,21	±1,3%	-12,5%	±1,1%	±3,3%
	Ez	22	±o,35	±1,6%	±o,15	±o,7%						
	T	17,2	±o,28	±1,6%	±o,11	±o,6%	P_R	o,31	±1,9%	- 8,8%	±1,8%	±5,4%
nach Behandlungsende	A	15,3	±o,27	±1,7%	±o,12	±o,8%	RQ	o,23	±1,8%	- 4,2%	±1,7%	±5,1%
	Ez	22	±o,5	±2,2%	±o,22	±1 %						
	T	18,5	-	-	-	-	P_R	o,31	±1,8%	- 8,8%	±1,6%	±4,8%
nach 1o Min.	A	14,8	±o,27	±1,8%	±o,12	±o,8%	RQ	o,22	±1,5%	- 8,3%	±1,4%	±4,2%
	Ez	22	±o,35	±1,6%	±o,15	±o,7%						
	T	18,3	±o,29	±1,6%	±o,12	±o,6%	P_R	o,31	±2,1%	- 8,8%	±1,9%	±5,7%
nach 2o in.	A	15,3	±o,27	±1,7%	±o,12	±o,8%	RQ	o,23	±1,5%	- 4,2%	±1,4%	±4,2%
	Ez	22	±o,35	±1,6%	±o,15	±o,7%						
	T	18,1	±o,2	±1,1%	±o,12	±o,6%	P_R	o,32	±2,1%	- 5,9%	±1,9%	±5,7%

Tabelle 14

S.J.♂, 56 Jahre, Endangiitis obliterans (claudicatio intermittens nach 5o Metern) beider unterer Extremitäten, rechter Unterschenkel

Beispiel für das mathematisch-statistische Prüfverfahren im Einzelversuch

beim Kohlensäure-Trockengas-Teilbad

Zeit		mm	m_{abs}	m_{rel}	M_x abs	M_x rel		Ohm-wert	M_{RQ} bzw. M_{PR}	Z	N	N_3
Ruhe	A	25,3	±0,52	± 2,[illegible]	±0,21	±0,8[illegible]						
	Ez	27,1	±0,75	±2,7[illegible]	±0,3	±1,1[illegible]	RQ	0,93	±1,9%	-	±1,9[illegible]	±5,7[illegible]
	T	24,1	±0,27	±1,1[illegible]	±0,11	±0,4%	P_R	0,97	±2,3%	-	±2,3%	±6,9%
nach 2. CO_2-Einstrom	A	23,5	±0,44	±1,8[illegible]	±0,17	±0,7[illegible]						
	Ez	26,7	±0,43	±1,5[illegible]	±0,17	±1,1%	RQ	0,88	±1,8[illegible]	-5,4%	±1,7[illegible]	±5,1[illegible]
	T	23,8	±0,26	±1,1[illegible]	±0,1	±0,4%	P_R	0,93	±2,2[illegible]	-4,1%	±2,1%	±6,3%
nach Behandlungsende	A	22,8	±0,69	±2,9[illegible]	±0,27	±1,2%						
	Ez	27,2	±0,42	±1,5[illegible]	±0,17	±0,6%	RQ	0,84	±1,7[illegible]	-7,5%	±1,5%	±4,5[illegible]
	T	23,8	±0,26	±1,1[illegible]	±0,1	±0,4%	P_R	0,88	±2,1[illegible]	-9,3[illegible]	±1,9[illegible]	±5,7[illegible]
nach 1o Min.	A	19,4	±0,49	±2,5[illegible]	±0,2	±1,[illegible]						
	Ez	27,4	±0,43	±1,9[illegible]	±0,2	±0,7%	RQ	0,71	±1,7[illegible]	-23,6[illegible]	±1,3[illegible]	±3,[illegible]
	T	23,9	±0,2	±0,8[illegible]	±0,08	±0,3%	P_R	0,74	±2[illegible]	-23,7%	±1,5[illegible]	±4,5[illegible]
nach 2o [illegible] in.	A	21,3	±0,6	±2,8[illegible]	±0,24	±1,1%						
	Ez	27,6	±0,66	±2,4[illegible]	±0,27	±0,9[illegible]	RQ	0,77	±2,[illegible]	-17,2[illegible]	±1,6%	±4,8[illegible]
	T	24,9	±0,2	±0,8[illegible]	±0,08	±0,3[illegible]	P_R	0,78	±2,3[illegible]	-19,6[illegible]	±1,8[illegible]	±5,4[illegible]

Tabelle 15

S.K.♂, 53 Jahre, Angioneuropathie der unteren Extremitäten, linker Unterschenkel

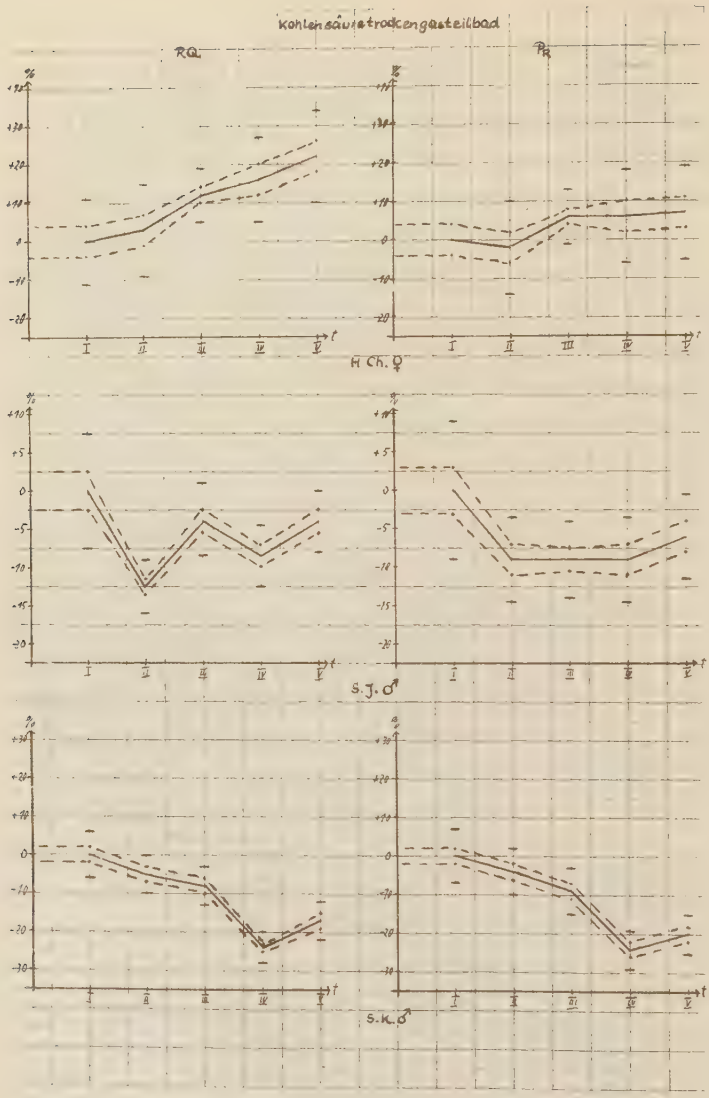


Abb. 41 enthält die graphische Darstellung der in den Tabellen 13 - 15 (S.71 - 73) angegebenen Werte als Beispiel für das math.-statistische Prüfverfahren im Einzelversuch beim CO_2-Gasbad. Dabei bedeuten: - = Z; --- = N; _ = N_3.

Saugstiefelbehandlung

Zeit		mm	m_{abs}	m_{rel}	M_x abs	M_x rel		Ohm-wert	M_{RQ} od. M_{P_R}	Z	N	N_3
Ruhe	A	14	± 1	±7,1%	±o,37	±2,6%	RQ	o,4o	±3,5%	-	±3,5%	±1o,5%
	Ez	16,5	±o,35	±2,1%	±o,15	±o,9%						
	T	17,1	±o,2	±1,1%	±o,o8	±o,4%	P_R	o,59	±3,9%	-	±3,9%	±11,7%
-5o mm/Hg	A	7	±o,7	±8,7%	±2,4	±3,4%	RQ	o,21	±4,1%	-47,5%	±2,2%	±6,6%
	Ez	16,3	±o,27	±1,6%	±o,12	±o,7%						
	T	17	-	-	-	-	P_R	o,31	±4,1%	-47,5%	±2,2%	±6,6%
nach Behandlungsende	A	14,1	±o,55	±3,9%	±o,24	±1,7%	RQ	o,38	±2,7%	- 5%	±2,6%	±7,8%
	Ez	17,6	±o,42	±2,4%	±o,18	± 1%						
	T	17,1	±o,27	±1,5%	±o,11	±o,6%	P_R	o,56	±3,3%	-5,1%	±3,1%	±9,3%
nach 1o Min.	A	15,2	±o,91	±5,9%	±o,4	±2,6%	RQ	o,4o	±3,9%	-	±3,9%	±11,7%
	Ez	18,1	±o,55	±3,1%	±o,24	±1,3%						
	T	17,1	±o,27	±1,5%	±o,11	±o,6%	P_R	o,58	±4,5%	-1,7%	±4,4%	±13,2%
nach 2o Min.	A	15,8	±o,83	±5,2%	±o,37	±2,3%	RQ	o,4o	±3,3%	-	±3,3%	±9,9%
	Ez	18,7	±o,44	±2,3%	±o,19	± 1%						
	T	17,1	±o,27	±1,5%	±o,11	±o,6%	P_R	o,59	±3,9%	-	±3,9%	±11,7%

Tabelle 16

K.Chr.♂, 65 Jahre, Diabetes, Arteriosklerose, claudicatio intermittens nach 5oo Metern, linker Unterschenkel

Beispiel für das mathematisch-statistische Prüfverfahren im Einzelversuch

Beispiel für das mathematisch-statistische Prüfverfahren im Einzelversuch

bei der Saugstiefelbehandlung

Zeit		mm	m_{abs}	m_{rel}	M_x abs	M_x rel		Ohm-wert	M_{RQ} od. M_{P_R}	Z	N	N_3
Ruhe	A	16,9	±0,37	±2,2%	±0,15	±0,9%	RQ	2,98	±2,5%	-	±2,5%	±7,5%
	Ez	6,3	±0,26	±4,1%	±0,1	±1,6%						
	T	19,9	±0,2	± 1%	±0,08	±0,4%	P_R	3,77	±2,9%	-	±2,9%	±8,7%
-5o mm/Hg	A	1o,6	±0,41	±3,8%	±0,16	±1,5%	RQ	1,64	±4,1%	-44,9%	±2,3%	±6,9%
	Ez	7,6	±0,49	±6,4%	±0,2	±2,6%						
	T	19,5	±0,31	±1,6%	±0,12	±0,6%	P_R	2,09	±4,7%	-44,6%	±2,6%	±7,8%
nach Behandlungsende	A	14,7	±0,42	±2,8%	±0,17	±1,1%	RQ	2,37	±3,2%	-2o,5%	±2,5%	±7,5%
	Ez	6,9	±0,37	±5,3%	±0,15	±2,1%						
	T	19,7	±0,28	±1,4%	±0,11	±0,5%	P_R	2,99	±3,7%	-2o,7%	±2,9%	±8,7%
nach 1o Min.	A	13,7	±0,5	±3,6%	±0,25	±1,8%	RQ	2,67	±4,2%	-1o,4%	±3,8%	±11,4%
	Ez	5,7	±0,29	±5,1%	±0,14	±2,4%						
	T	2o	-	-	-	-	P_R	3,33	±4,2%	-11,7%	±3,7%	±11,1%
nach 2o Min.	A	13,8	±0,28	±2,0%	±0,11	±0,8%	RQ	3	±2,3%	-	±2,3%	±6,9%
	Ez	5,1	±0,2	±3,9%	±0,08	±1,5%						
	T	2o,2	±0,52	±2,5%	±0,21	±1 %	P_R	3,75	±3,3%	-o,5%	±3,3%	±9,9%

Tabelle 17

K.F. ♀, 62 Jahre, keine peripheren arteriellen Durchblutungsstörungen, linker Unterschenkel

Beispiel für das mathematisch-statistische Prüfverfahren im Einzelversuch bei der Saugstiefelbehandlung

Zeit		mm	m_{abs}	m_{rel}	M_x abs	M_x rel		Ohm-wert	M_{RQ} od. M_{P_R}	Z	N	N_3
Ruhe	A	23,9	±0,35	±1,4%	±0,14	±0,6%	RQ	0,33	±1,4%	-	±1,4%	±4,2%
	Ez	29,5	±0,63	±2,1%	±0,25	±0,8%						
	T	14,7	±0,28	±1,9%	±0,11	±0,7%	P_R	0,56	±2,1%	-	±2,1%	±6,3%
-5o mm/Hg	A	15,2	±0,28	±1,8%	±0,11	±0,7%	RQ	0,18	±1,3%	-45,4%	±0,7%	±2,1%
	Ez	34,7	±0,52	±1,5%	±0,21	±0,6%						
	T	15	-	-	-	-	P_R	0,3o	±1,3%	-46,4%	±0,7%	±2,1%
nach Behandlungsende	A	16,7	±0,42	±2,5%	±0,17	±1 %	RQ	0,19	±1,5%	-42,4%	±0,9%	±2,7%
	Ez	34,8	±0,41	±1,2%	±0,16	±0,5%						
	T	15	-	-	-	-	P_R	0,32	±1,5%	-42,9%	±0,9%	±2,7%
nach 1o Min.	A	19,8	±0,26	±1,3%	±0,1	±0,5%	RQ	0,24	±1 %	-27,2%	±0,7%	±2,1%
	Ez	33,7	±0,42	±1,2%	±0,17	±0,5%						
	T	15	-	-	-	-	P_R	0,39	±1 %	-3o,7%	±0,7%	±2,1%
nach 2o Min.	A	2o,1	±0,41	±2 %	±0,16	±0,8%	RQ	0,25	±1,3%	-24,2%	±1 %	±3 %
	Ez	33,7	±0,42	±1,2%	±0,17	±0,5%						
	T	15	-	-	-	-	P_R	0,4o	±1,3%	-28,6%	±0,9%	±2,7%

Tabelle 18

B.G.♂, 52 Jahre, Angioorganopathie der unteren Extremitäten, claudicatio intermittens nach 15o Metern, linker Unterschenkel

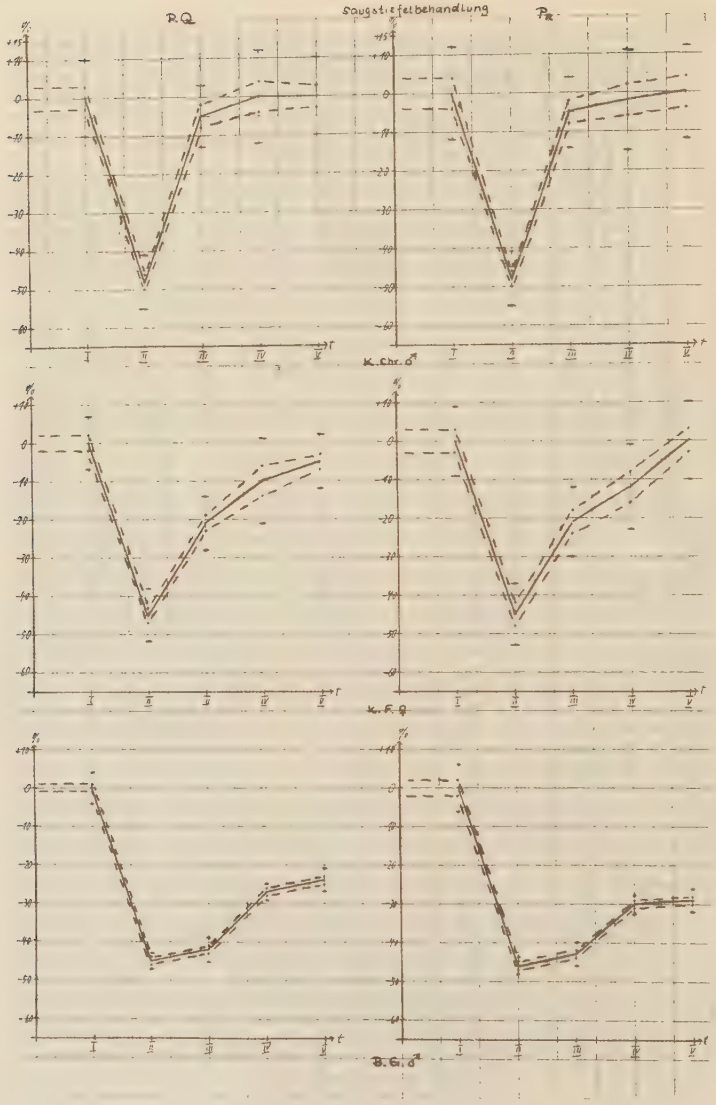


Abb. 42 enthält die graphische Darstellung der in den Tab. 16-18 (S.75 - 77) angegebenen Werte als Beispiel für das math.-statistische Prüfverfahren im Einzelversuch bei der Saugstiefelbehandlung. Dabei bedeuten: - = Z; --- = N; _ = N_3.

Bindegewebsmassage

Zeit		mm	m_{abs}	m_{rel}	M_x abs	M_x rel		Ohmwert	M_{RQ} od. M_{P_R}	Z	N	N_3
Ruhe	A	2o,5	±2,5	±12,2%	±1	±4,9%	RQ	o,21	±6,2%	± -	±6,2%	±18,6%
	Ez	38,1	±1,21	±3,2%	±o,5	±1,3%						
	T	24,9	±o,49	±1,9%	±o,2	±o,8%	P_R	o,21	±7 %	-	±7 %	±21%
Behandlungsmitte	A	4o,4	±3,3	±8,2%	±1,3	±3,2%	RQ	o,43	±4,8%	1o4,8%	±9,8%	±29,4%
	Ez	37,6	±1,6	±4,3%	±o,6	±1,6%						
	T	26,9	±o,58	±2,1%	±o,2	±o,7%	P_R	o,4o	±5,5%	9o,5%	±1o,5%	±31,5%
nach Behandlungsende	A	48	±5,o2	±1o,5%	±2	±4,2%	RQ	0,5	±6,7%	138,1%	±16%	±48%
	Ez	38,3	±2,14	±5,6%	±o,9	±2,3%						
	T	26,8	±o,61	±2,3%	±o,2	±o,7%	P_R	o,47	±7,4%	123,8%	±16,6%	±49,8%
nach 1o Min.	A	39,3	±1,78	±4,5%	±o,7	±1,8%	RQ	o,41	±2,8%	95,2%	±5,5%	±16,5
	Ez	38,3	±1,o3	±2,7%	±o,4	±1 %						
	T	26,1	±o,72	±2,7%	±o,3	±1,1%	P_R	o,39	±3,9%	85,7%	±7,2%	±21,6%
nach 2o Min.	A	38,1	±4,96	±13%	±2	±5,2%	RQ	o,41	±6%	95,2%	±13,1%	±39,3%
	Ez	37,1	±o,76	±2%	±o,3	±o,8%						
	T	25,2	±o,28	±1,1%	±o,1	±o,4%	P_R	o,41	±6,4%	95,2%	±12%	±36 %

Tabelle 19

H.L.♂, 6o Jahre, Angioorganopathie der unteren Extremitäten, claudicatio intermittens nach 1oo Metern (Polycythaemia vera), rechter Unterschenkel

Beispiel für das mathematisch-statistische Prüfverfahren im Einzelversuch

Beispiel für das mathematisch-statistische Prüfverfahren im Einzelversuch bei der Bindegewebsmassage

Zeit		mm	m_{abs}	m_{rel}	M_x abs	M_x rel		Ohmwert	M_{RQ} od M_{PR}	Z	N	N_3
Ruhe	A	3o,2	±1,17	±3,9%	±o,48	±1,6%	RQ	o,63	±2,2%	-	±2,2%	±6,6%
	Ez	28,2	±o,41	±1,45%	±o,17	±o,6%						
	T	29,1	±o,97	±3,3%	±o,39	±1,3%	P_R	o,54	±3,5%	-	±3,5%	±1o,5%
Behandlungsmitte	A	45,1	±1,3	±2,3%	±o,65	±1,4%	RQ	o,9o	±2,2%	42,9%	±3,1%	±9,3%
	Ez	29,6	±o,48	±1,6%	±o,24	±o,8%						
	T	28,8	±2,27	±7,9%	±o,9	±3,1%	P_R	o,78	±5,3%	44,4%	±7,7%	±23,1%
nach Behandlungsende	A	46,7	±2,2	±4,7%	±1,1	±2,3%	RQ	o,98	±2,3%	55,6%	±3,6%	±1o,8%
	Ez	28	-	-	-	-						
	T	29,5	±0,63	±2,1%	±o,25	±o,8%	P_R	o,83	±3,1%	53,7%	±4,8%	±14,4%
nach 1o Min.	A	47,2	±4,2	±8,9%	±1,7	±3,6%	RQ	o,95	±5,2%	5o,8%	±7,8%	±23,4%
	Ez	29,2	±o,96	±3,3%	±o,48	±1,6%						
	T	31	±1,3	±4,2%	±o,53	±1,7%	P_R	o,77	±6,9%	42,6%	±9,8%	±29,4%
nach 2o Min.	A	47,5	±1,9	±4 %	±o,95	±2 %	RQ	o,94	±2,8%	49,2%	±4,2%	±12,6%
	Ez	29,6	±o,48	±1,6%	±o,24	±o,8%						
	T	32,7	±1,2	±3,6%	±o,48	±1,4%	P_R	o,73	±4,2%	35,2%	±5,7%	±17,1%

Tabelle 2o

W.K. ♂, 37 Jahre, Angioneuropathie der unteren Extremitäten, claudicatio intermittens nach 3oo Metern. linker Unterschenkel

Beispiel für das mathematisch-statistische Prüfverfahren im Einzelversuch bei der Bindegewebsmassage

Zeit		mm	m_{abs}	m_{rel}	$M_{x\ abs}$	$M_{x\ rel}$		Ohm-wert	M_{RQ} od. M_{PR}	Z	N	N_3
Ruhe	A	22,2	±o,88	±3,9%	±o,35	±1,6%	RQ	o,56	±2,4%	-	±2,4%	±7,2%
	Ez	3o,3	±o,6	±1,9%	±o,24	±o,8%						
	T	24,2	±o,28	±1,1%	±o,1	±o,41%	P_R	o,58	±2,8%	-	±2,8%	±8,4%
Behand-lungs-mitte	A	28,6	±o,82	±2,9%	±o,33	±1,1%	RQ	o,74	±1,6%	32,1%	±2,1%	±6,3%
	Ez	29,8	±o,41	±1,4%	±o,16	±o,5%						
	T	24,4	±o,49	±2 %	±o,2	±o,8%	P_R	o,76	±2,4%	31 %	±3,1%	±9,3%
nach Behand-lungs-ende	A	28,7	±o,69	±2,4%	±o,28	±o,9%	RQ	o,79	±1,4%	41,1%	±2 %	±6 %
	Ez	27,9	±o,37	±1,3%	±o,15	±o,5%						
	T	25	±o,86	±3,4%	±o,3	±1,2%	P_R	o,79	±2,6%	41,4%	±3,5%	±1o,5%
nach 1o Min.	A	28	±1,4	±5 %	±o,57	±2 %	RQ	o,81	±2,6%	44,6%	±3,8%	±11,4%
	Ez	26,7	±o,42	±1,6%	±o,17	±o,6%						
	T	24	±o,31	±1,3%	±o,1	±o,4%	P_R	o,84	±3 %	44,8%	±4,3%	±12,9%
nach 2o Min.	A	26,9	±o,73	±2,7%	±o,29	±1,1%	RQ	o,79	±1,7%	41,1%	±2,4%	±7,2%
	Ez	26,3	±o,41	±1,5%	±o,16	±o,6%						
	T	25,2	±o,42	±1,6%	±o,17	±o,67%	P_R	o,78	±2,3%	32,8%	±3,1%	±9,3%

Tabelle 21

H.C. ♀, 66 Jahre, periphere arterielle Durchblutungsstörungen nicht sicher auszuschliessen, leidet unter kalten Füssen, linker Unterschenkel

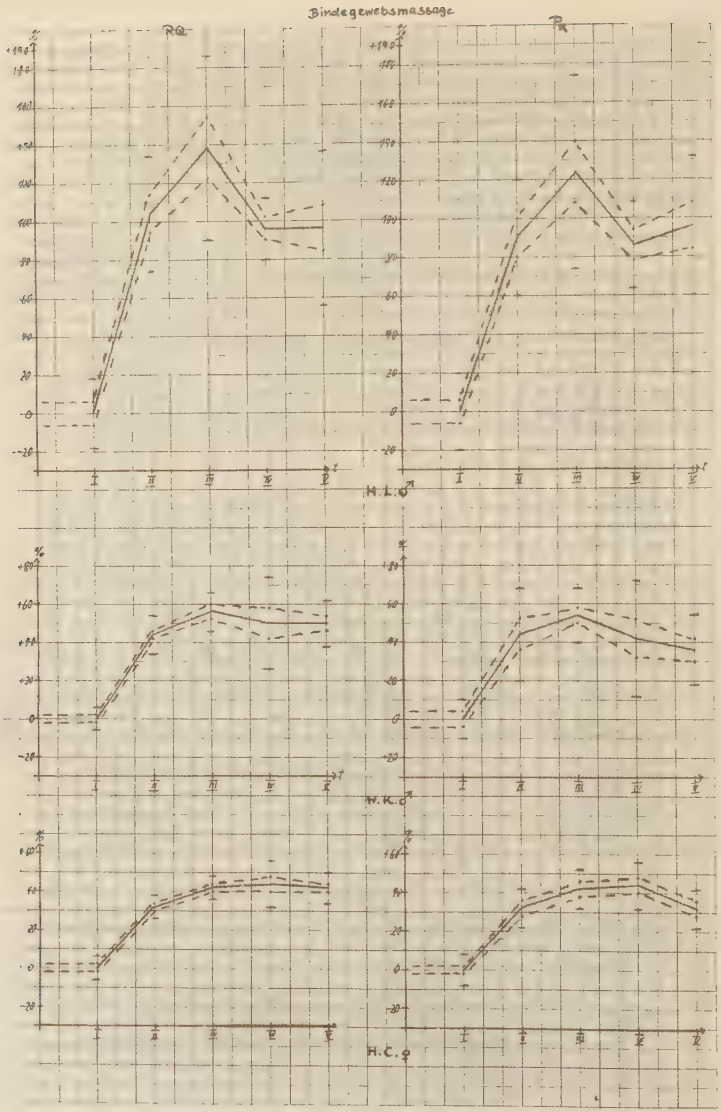


Abb. 43 enthält die graphische Darstellung der in den Tab. 19-21 (S.79 - 81) angegebenen Werte als Beispiel für das math.-statistische Prüfverfahren im Einzelversuch bei der Bindegewebsmassage. Dabei bedeuten: - = Z; ---- = N; _ = N_3.

) Statistische Auswertung von 45o Messreihen

Um die Genauigkeit der Messung bzw. die Schwankungen der Einzelmessung im Durchschnitt festzustellen, wurden 45o Messreihen unter Zuhilfenahme einer vollautomatischen Rechenmaschine nach dem auf den Seiten 69 - 82 beschriebenen Verfahren an neun Einzelbeispielen statistisch ausgewertet. Dabei betrug im Durchschnitt die Schwankung des Mittelwertes von

Kohlensäure-Trokkengas-Teilbad	Saugstiefelbehandlung	Bindegewebsmassage
A = ± o,17 (± o,9%)	A = ± o,31 (± 1,1%)	A = ± o,75(± 2%)
Ez = ± o,19 (± 1 %)	Ez = ± o,16 (± 1 %)	Ez = ± o,26(± o,9%)
T = ± o,o9 (± o,4%)	T = ± o,o7 (± o,5%)	T = ± o,2 (± o,9%)
RG = ± 1,9 %	RG = ± 2,1 %	RG = ± 2,9 %
RQ = ± 1,9 %	RQ = ± 2,1 %	RQ = ± 2,9 %
P_R = ± 2,3 %	P_R = ± 2,6 %	P_R = ± 3,8 %

Damit ist nachgewiesen, dass mit den zur Verfügung gestandenen Geräten bei einem einzelnen Probanden während eines Versuches im Durchschnitt die relative Genauigkeit mit den obigen Werten wiedergegeben werden kann.

Ausserdem ist bewiesen, dass die relative Zu- oder Abnahme gegenüber dem Ruhewert während einer Einzelmessung im Durchschnitt mit einem absoluten Fehler wie folgt behaftet ist:

	Kohlensäure-Trokkengas-Teilbad	Saugstiefelbehandlung	Bindegewebsmassage
von RQ und RG:	± 2 %	± 2 %	± 5,1 %
von P_R:	± 2,3 %	± 2,3 %	± 6,1 %

Der beobachtete Unterschied zweier Mittelwerte, von denen der eine stets den Ruhewert und der andere den jeweils auf ihn bezogenen Wert der prozentualen Zu- oder Abnahme darstellt, gilt dann als statistisch gesichert, wenn er grösser ist als der dreifache mittlere Fehler dieser Differenz (HOSEMANN[71]).

i) Fehlerrechnung bzw. Statistik der einzelnen Gruppen

α) Beispiel

Bei einer Einzelmessung sind A, Ez und T mit einem Fehler behaftet gemessen und aus einer Reihe von sechs Messungen als Durchschnittswerte ermittelt worden. Für RG, RQ und P_R ist dann der zusammengesetzte Fehler berechnet worden.

Wenn man nun grosse Gruppen von Versuchspersonen betrachtet, wie dies bei der Einteilung in gefässgesunde, angioorganopathische und angioneuropathische geschehen ist, so weichen die jeweiligen Werte von RG, RQ und P_R so stark vom Gruppenmittelwert ab, dass die Fehler der einzelnen RG, RQ und P_R überhaupt nicht mehr ins Gewicht fallen.

So kann der mittlere Fehler des Mittelwertes einer Gruppe nach dem gleichen Prinzip bestimmt werden, wie dies für die Einzelversuche bisher durchgeführt worden ist. Der bei der Gruppenauswertung stets vorgenommene Rechenvorgang zur Fehlerbestimmung ist an Hand des nun folgenden Beispiels ersichtlich.

Mittlere Fehler der Mittelwerte von RQ der linken Extremität der Probanden ohne die Symptome der peripheren arteriellen Durchblutungsstörung während eines Kohlensäure-Trockengas-Teilbades

n = 35

II (+2,4)		III (+3,4)		IV (+4,8)		V (+4,2)	
v	v^2	v	v^2	v	v^2	v	v^2
,3 =	0,09	3,4 =	11,56	2,1 =	4,41	2,8 =	7,84
7,7 =	59,29	6,1 =	37,21	7,5 =	56,25	13,5 =	182,25
6,9 =	47,61	3,1 =	9,61	9,1 =	82,81	3,2 =	10,24
5 =	25	10,5 =	110,25	2,6 =	6,76	0,7 =	0,49
,4 =	0,16	6,9 =	47,61	9,5 =	90,25	5,1 =	26,01
5,3 =	28,09	12,0 =	144	5,9 =	34,81	7,1 =	50,41
1 =	121	6,1 =	37,21	8,3 =	68,89	8,1 =	65,61
2,4 =	5,76	0,4 =	0,16	2,3 =	5,29	1,7 =	2,89
3,9 =	15,21	8,8 =	77,44	3,9 =	15,21	8,7 =	75,69
1 =	1	3,4 =	11,56	3,4 =	11,56	1,3 =	1,69
7,2 =	51,84	2,1 =	4,41	7,5 =	56,25	6,9 =	47,61
2,4 =	5,76	6,2 =	38,44	6,2 =	38,44	7,0 =	49
1,5 =	2,25	5,3 =	28,09	1,9 =	3,61	3,3 =	10,89
3,7 =	13,69	5,4 =	29,16	5,2 =	27,04	13,3 =	176,89
6,7 =	44,89	13,6 =	184,96	3,1 =	9,61	4,9 =	24,01
,6 =	0,36	8,7 =	75,69	11,9 =	141,61	17,8 =	316,84
4,1 =	16,81	2,8 =	7,84	8,4 =	70,56	7,5 =	56,25
4,4 =	19,36	3,4 =	11,56	4,8 =	23,04	5,8 =	33,64
5,1 =	26,01	3,4 =	11,56	2,5 =	6,25	6,1 =	37,21
9,9 =	98,01	8,8 =	77,44	1,4 =	1,96	4,0 =	16
,4 =	5,76	15,1 =	228,01	11,2 =	125,44	10,6 =	112,36
9,1 =	82,81	5,1 =	26,01	8,6 =	73,96	3 =	9
,2 =	1,44	9,9 =	98,01	5,9 =	34,81	0,1 =	0,01
,6 =	0,36	0,2 =	0,04	14,3 =	204,49	5,8 =	33,64
3,7 =	13,69	2 =	4	2,3 =	5,29	1,2 =	1,44
4,9 =	24,01	2,1 =	4,41	2,1 =	4,41	0,2 =	0,04
,4 =	0,16	0,2 =	0,04	1,2 =	1,44	6,7 =	44,89
3,8 =	14,44	0,6 =	0,36	3,4 =	11,56	1,4 =	1,96
2,4 =	5,76	2 =	4	4,8 =	23,04	2,8 =	7,84
,9 =	0,81	0,8 =	0,64	7,9 =	62,41	8,5 =	72,25

3,3 = 1o,89	4,4 = 19,36	1,5 = 2,25	7,o = 49
3,3 = 1o,89	7,6 = 57,76	1,5 = 2,25	4,2 = 17,64
2,4 = 5,76	3 = 9	1,6 = 2,56	4,7 = 22,o9
5,8 = 33,64	2,3 = 5,29	2,7 = 7,29	2 = 4
	3,4 = 11,56	7,1 = 5o,41	6.5 = 42,25
[v·v] =798,37	[v·v]=1424,25	[v·v]=1366,22	[v·v]=16o9,87
n-1 = 34	n-1 = 34	n-1 = 34	n-1 = 34
$\sqrt{\frac{798,37}{34}} = m$	$\sqrt{\frac{1424,25}{34}} = m$	$\sqrt{\frac{1366,22}{34}} = m$	$\sqrt{\frac{16o9,87}{34}} = m$
$= \pm$ 4,84	$= \pm$ 6,47	$= \pm$ 6,34	$= \pm$ 6,88
$M_x = \frac{4,84}{\sqrt{35}} = \pm$o,82	$M_x = \frac{6,47}{\sqrt{35}} = \pm$1,o9	$M_x = \frac{6,34}{\sqrt{35}} = \pm$1,o7	$M_x = \frac{6,88}{\sqrt{35}} = \pm$1,16

Die neben den römischen Zahlen II (nach dem zweiten CO_2- Gaseinstrom), III (direkt nach Behandlungsende), IV (nach weiteren 1o Minuten) und V (nach 2o Minuten) in einem Kreis angegebenen Zahlen sind die von den Probanden zu diesem Zeitpunkt aus 35 (n) Versuchen ermittelten Durchschnittswerte der prozentualen Zunahme gegenüber dem Ruhewert (I). Unter v stehen die einzelnen Abweichungen (Fehler) von dem im Kreis angegebenen Mittelwert und unter v^2 die zugehörigen Fehlerquadrate. Die Summe der Fehlerquadrate ist wieder mit [v·v], der absolute mittlere Fehler des Einzelwertes mit m und der absolute mittlere Fehler des Mittelwertes mit M_x angegeben worden. - M_{x3}, der dreifache Wert von M_x, ist aus den mit zwei Stellen hinter dem Komma errechneten Werten von M_x bestimmt und aufgerundet worden. -

Entsprechend dem oben dargelegten Beispiel sind die Mittelwerte der relativen Zu- oder Abnahme von RQ bzw. RG und P_R sämtlicher Gruppen für die linke und rechte Extremität mitsamt ihren mittleren absoluten Fehlern mit der elektrischen

Rechenmaschine gewonnen worden und in den Übersichtsschemen der nun folgenden Seiten angegeben. Die gleichen Werte sind in den Diagrammen graphisch dargestellt. Da der absolute mittlere Fehler die gleiche Dimension hat wie der Mittelwert der prozentualen Zu- oder Abnahme, kann er unmittelbar in dem Diagramm aufgetragen werden.

ß) Gruppen beim Kohlensäure-Trockengas-Teilbad

Werte der Fehlerrechnung bzw. Statistik der einzelnen Gruppen

Gruppe A

(Keine peripheren arteriellen Durchblutungsstörungen)

Extremität	Rheographiewert	Ruhewert	nach 2.CO_2-Einstrom				nach Behandlungsende				nach 1o Minuten				nach 2o Minuten			
			K	m_{abs}	$M_{x\,abs}$	M_{x3}	K	m_{abs}	$M_{x\,abs}$	M_{x3}	K	m_{abs}	$M_{x\,abs}$	M_{x3}	K	m_{abs}	$M_{x\,abs}$	M_{x3}
li. US.	RQ	-	+ 2,4	±4,84	±o,8	±2,5	+ 3,4	±6,5	±1,1	±3,3	+ 4,8	±6,3	±1,1	±3,2	+ 4,2	±6,9	±1,2	±3,5
	RG	-	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	P_R	-	+ 2	±5,51	±o,9	±2,8	+ 3,9	±8,5	±1,4	±4,3	+ 3,8	±8,3	±1,4	±4,2	+ 3,4	±8,1	±1,4	±4,1
re. US.	RQ	-	+ 1,7	±5,o	±o,9	±2,6	+ 2,6	±6,7	±1,1	±3,4	+ 2,9	±7,6	±1,3	±3,8	+ 2,9	±7,4	±1,3	±3,8
	RG	-	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	P_R	-	+ 1,4	±4,7	±o,8	±2,4	+ 2,5	±8,1	±1,4	±4,1	+ 1,8	±7,3	±1,2	±3,7	+ 2,1	±8,2	±1,4	±4,1

Tabelle 22

Abkürzungen: K = Gruppenmittelwerte der proz. Zu- oder Abnahme gegenüber den Ruhewerten (+= Zu-, - = Abnahme); m_{abs}= absoluter mittlerer Fehler der Einzelmessungen; $M_{x\,abs}$ = absoluter mittlerer Fehler der Gruppenmittelwerte; M_{x3}= dreifacher aufgerundeter Wert von M_x. Alle übrigen Abkürzungen entsprechen den bisher angeführten.

Gruppe B (Angioorganopathien)

Extremität	Rheographiewert	Ruhewert	nach 2.CO_2-Einstrom				nach Behandlungsende				nach 1o Minuten				nach 2o Minuten			
			K	m_{abs}	$M_{x\,abs}$	M_{x3}	K	m_{abs}	$M_{x\,abs}$	M_{x3}	K	m_{abs}	$M_{x\,abs}$	M_{x3}	K	m_{abs}	$M_{x\,abs}$	M_{x3}
li. US.	RQ	-	- 4,5	±1o,5	±2,1	±6,2	- 3,4	±7,7	±1,5	±4,5	- 0,9	±11,3	±2,2	±6,6	+ o,7	±16,6	±3,3	±9,8
	RG	-	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	P_R	-	- 4,9	±1o,6	±2,1	± 6,3	- 4,9	±9,2	±1,8	±5,4	- 2,8	±12,1	±2,4	±7,1	- 3	±16,8	±3,3	±9,9
re. US.	RQ	-	- 4,9	±1o,4	±2,1	±6,4	- 4,4	±1o,9	±2,2	±6,7	- 3,3	±12,4	±2,5	±7,6	- 5,1	±12,5	±2,5	±7,6
	RG	-	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	P_R	-	- 5,9	±1o,8	±2,2	±6,6	- 5,9	±1o,4	±2,1	±6,3	- 5,9	±11,8	±2,4	±7,2	- 7,4	±12,2	±2,5	±7,5

Tabelle 23

Gruppe C (Angioneuropathien)

Extremität	Rheographiewert	Ruhewert	nach 2.CO_2-Einstrom				nach Behandlungsende				nach 1o Minuten				nach 2o Minuten			
			K	m_{abs}	$M_{x\,abs}$	M_{x3}	K	m_{abs}	$M_{x\,abs}$	M_{x3}	K	m_{abs}	$M_{x\,abs}$	M_{x3}	K	m_{abs}	$M_{x\,abs}$	M_{x3}
li. US.	RQ	-	+ 1,1	±1o,2	±3,8	±11,4	- 2,9	±1o,1	±3,8	±11,4	- 1,5	±16,1	±6,1	±18,3	- 0,5	±16,3	±6,2	±18,6
	RG	-	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	P_R	-	+ o,1	±9	±3,4	±1o,2	- 6,1	±17,7	±4,8	±14,4	- 5,1	±16,1	±6,1	±18,3	- 2,3	±13,3	±5	±15
re. US.	RQ	-	- 2,6	±1o,4	±3,9	±11,7	- 3,7	± 8,3	±3,1	± 9,3	- 2,6	±15,9	±6	±18	- 2,1	±16,2	±6,1	±18,3
	RG	-	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	P_R	-	- 3,6	± 8,7	±3,3	± 9,9	- 6,5	± 8	±3	± 9	- 6,5	±16,1	±6,1	±18,3	- 4,4	±14,6	±5,5	±16,5

Tabelle 24

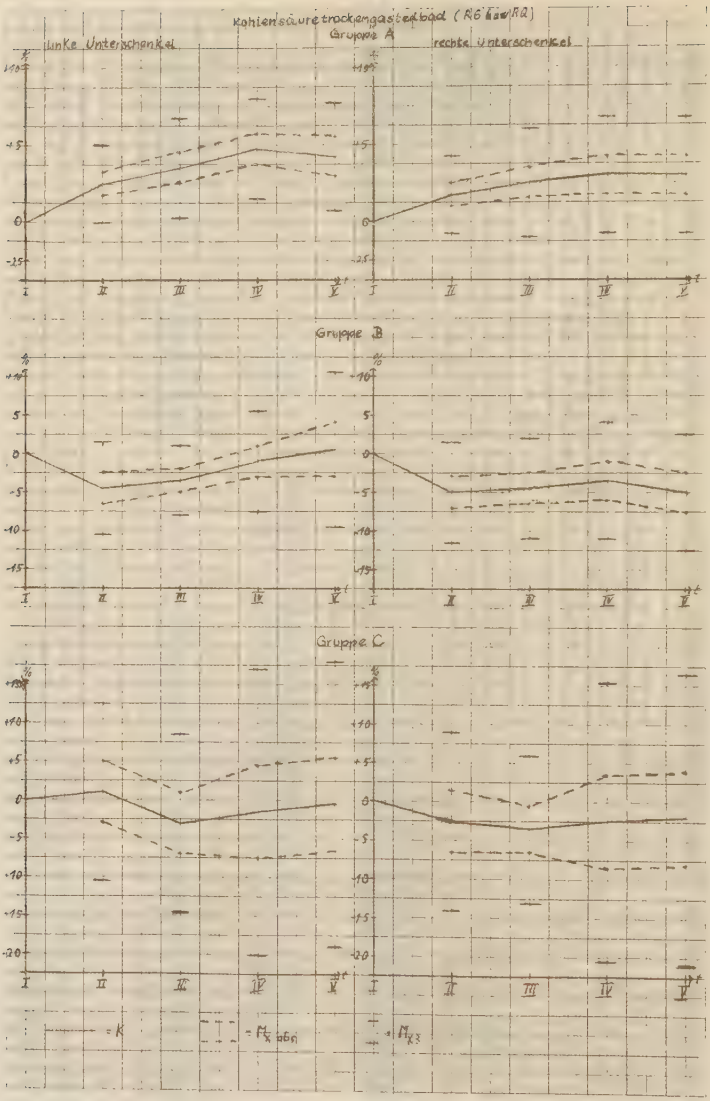


Abb. 44 gibt die graphische Darstellung der in den Tab. 22-24 (S.88/89) angeführten Werte der Fehlerrechnung bzw. der Statistik der einzelnen Gruppen beim CO_2-Gasbad wieder. Dabei bedeuten: - = K; $\overline{\overline{\overline{\quad}}}$ = $M_{x\ abs}$; $\overline{\overline{\quad}}$ = M_{x3}.

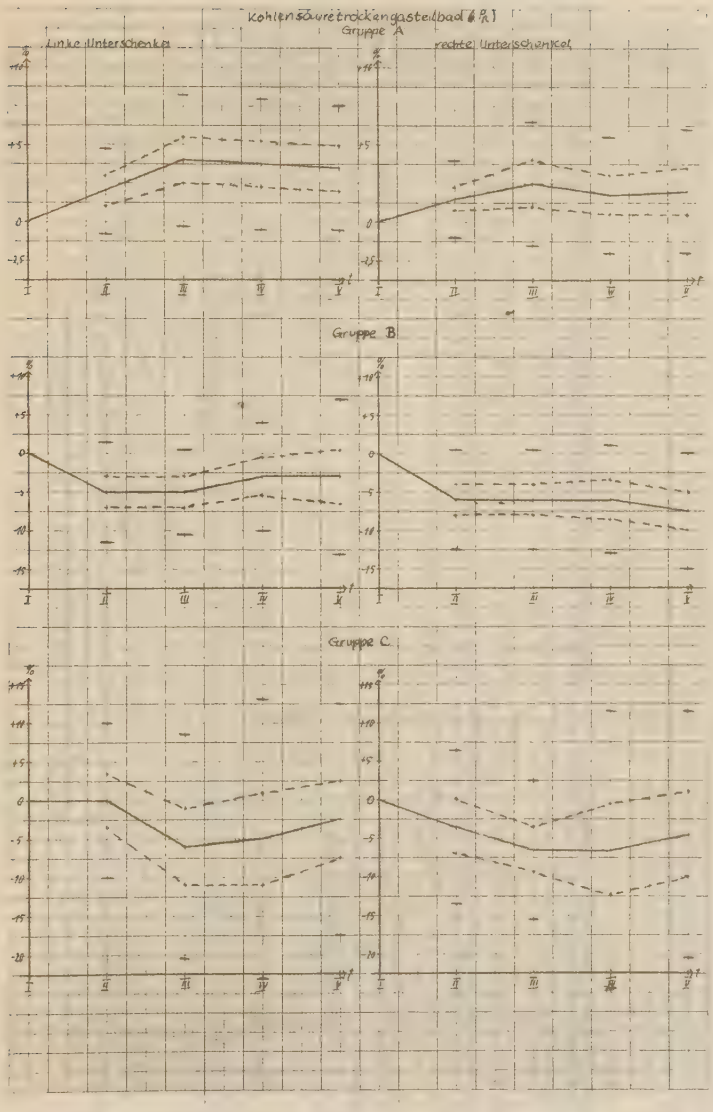


Abb. 45 gibt die graphische Darstellung der in den Tab.22-24 (S.88/89) angeführten Werte der Fehlerrechnung bzw. der Statistik der einzelnen Gruppen beim CO_2-Gasbad wieder. Dabei bedeuten:
— = K; - - - = $M_{x\ abs}$; $\bar{-}$ = $M_{x\bar{3}}$.

8) Gruppen bei der Saugstiefelbehandlung

Werte der Fehlerrechnung bzw. Statistik der einzelnen Gruppen

Gruppe A

(Keine peripheren arteriellen Durchblutungsstörungen)

Extremität	Rheographiewert	Ruhewert	- 5o mm/Hg				nach Behandlungsende				nach 1o Minuten				nach 2o Minuten			
			K	m_{abs}	$M_{x\,abs}$	M_{x3}	K	m_{abs}	$M_{x\,abs}$	M_{x3}	K	m_{abs}	$M_{x\,abs}$	M_{x3}	K	m_{abs}	$M_{x\,abs}$	M_{x3}
mit Saugstiefel	RQ	-	- 34,4	±8,6	±1,6	±4,8	- 11	±6,7	±1,3	±3,9	- 8,6	±6,9	±1,3	±3,9	- 5,9	±5,3	±1	±3
	RG	-					"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	P_R	-	-34,8	±8,7	±1,7	±5,1	-12,8	±7,2	±1,4	±4,2	- 9,6	±6,2	±1,2	±3,6	- 8	±6,9	±1,3	±3,9
ohne Saugstiefel	RQ	-	+ 1,2	±3	±o,6	±1,8	+ 2,5	±6,2	±1,2	±3,6	+ 1,5	±4,7	±o,9	±2,7	+ o,5	±4,8	±o,9	±2,7
	RG	-					"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	P_R	-	+ o,7	±4,2	±o,8	±2,4	+ o,3	±7,5	±1,4	±4,2	- o,2	±7	±1,3	±3,9	- 1,9	±6,5	±1,2	±3,6

Tabelle 25

K = Gruppenmittelwerte der proz. Zu- oder Abnahme gegenüber den Ruhewerten (+= Zu-, -= Abnahme); m_{abs} = absoluter mittlerer Fehler der Einzelmessungen; $M_{x\,abs}$ = absoluter mittlerer Fehler der Gruppenmittelwerte, M_{x3} = dreifacher aufgerundeter Wert von M_x. Alle übrigen Abkürzungen entsprechen den bisher angeführten.

Gruppe B (Angioorganopathien)

Extremität	Rheographiewert	Ruhewert	- 5o mm/Hg.				nach Behandlungsende				nach 1o Minuten				nach 2o Minuten			
			K	m_{abs}	$M_{x\,abs}$	M_{x3}	K	m_{abs}	$M_{x\,abs}$	M_{x3}	K	m_{abs}	$M_{x\,abs}$	M_{x3}	K	m_{abs}	$M_{x\,abs}$	M_{x3}
mit Saugstiefel	RQ	-	-4o,3	±9,6	±2,3	±6,9	-16,2	±9,6	±2,3	±6,9	- 8,5	±9,1	±2,1	±6,3	- 7	±7,7	±1,8	±5,4
	RG	-					"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	P_R	-	- 4,2	±8,9	±2,1	±6,3	-17,7	±9,2	±2,2	±6,6	-11,6	±12,9	±3	±9	-1o,8	±1o,5	±2,5	±7,5
ohne Saugstiefel	RQ	-	- o,2	±5,9	±1,4	±4,2	+ 2,6	±5,5	±1,3	±3,9	+ o,8	± 6,7	±1,6	±4,8	+ 1,6	± 5,2	±1,2	±3,6
	RG	-	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	P_R	-	- 1,5	±6,1	±1,4	±4,2	+ o,8	±6,2	±1,5	±4,5	- 1,5	± 8,8	±2,1	±6,3	- o,6	± 9,9	±2,3	±6,9

Tabelle 26

Gruppe C (Angioneuropathien)

Extremität	Rheographiewert	Ruhewert	- 5o mm/Hg				nach Behandlungsende				nach 1o Minuten				nach 2o Minuten			
			K	m_{abs}	$M_{x\,abs}$	M_{x3}	K	m_{abs}	$M_{x\,abs}$	M_{x3}	K	m_{abs}	$M_{x\,abs}$	M_{x3}	K	m_{abs}	$M_{x\,abs}$	M_{x3}
mit Saugstiefel	RQ	-	- 36	±8,7	±3,3	±9,9	- 4,6	±11,4	±4,3	±12,9	- 1	±8,9	±3,3	±9,9	+ 1	±6,8	±2,6	±7,8
	RG	-					"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	P_R	-	- 37	±6,9	±2,6	±7,8	- 5,5	±12,8	±4,8	±14,4	- 3,3	±11,3	±4,3	±12,9	- 5,3	±8,6	±3,2	±9,6
ohne Saugstiefel	RQ	-	+ 4,5	±3,3	±1,2	±3,6	+ 2,5	± 4,2	±1,6	± 4,8	+ 2,1	± 5	±1,9	± 5,7	+ 1,5	±5,8	±2,2	±6,6
	RG	-	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	P_R	-	+ 5,9	±4,6	±1,7	±5,1	+ 1,3	± 2,6	±o,9	± 2,7	- o,3	± 5,5	±2,1	± 6,3	- 4,9	±4,7	±1,8	±5,4

Tabelle 27

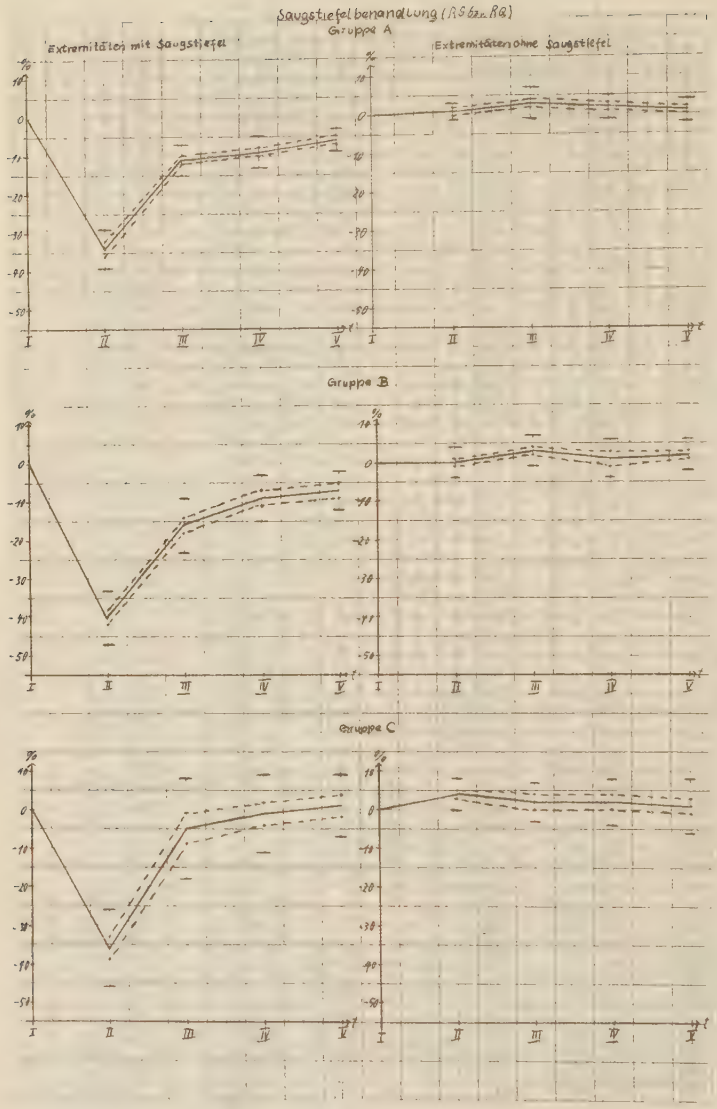


Abb. 46 gibt die graphische Darstellung der in den Tab. 25-27 (S. 92/93) angeführten Werte der Fehlerrechnung bzw. der Statistik der einzelnen Gruppen bei der Saugstiefelbehandlung wieder. Dabei bedeuten: - = K; $\overline{\overline{---}}$ = $M_{x\ abs}$; $\overline{\overline{-}}$ = M_{x3}.

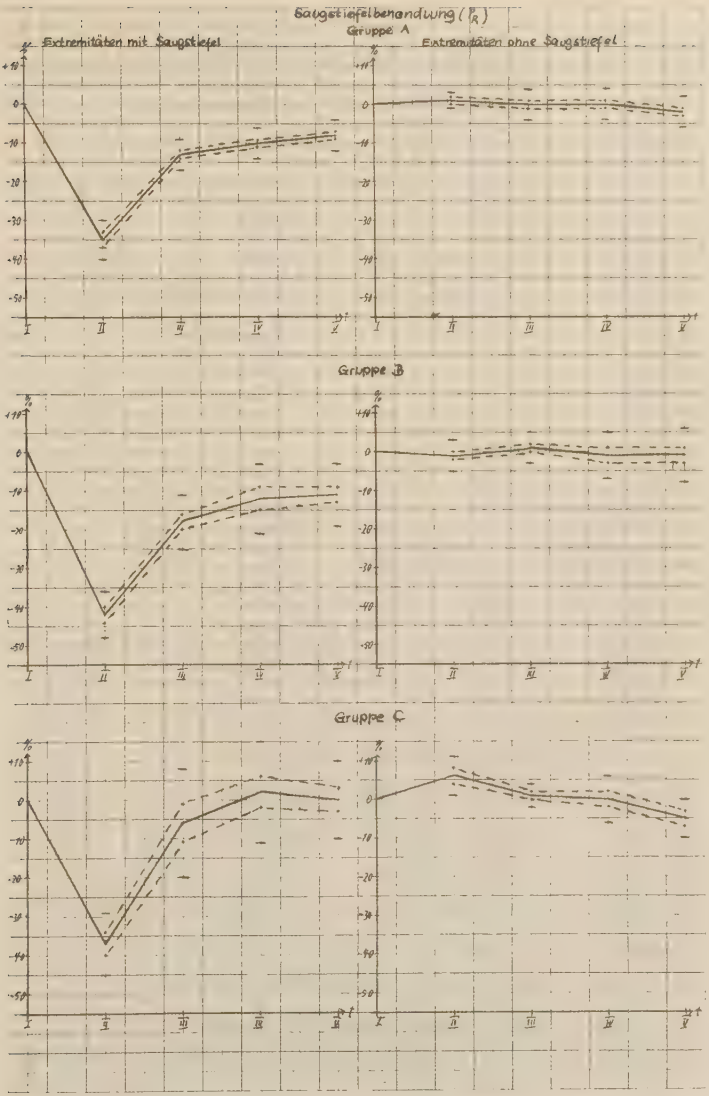


Abb. 47 gibt die graphische Darstellung der in den Tab. 25-27 (S. 92/93) angeführten Werte der Fehlerrechnung bzw. der Statistik der einzelnen Gruppen bei der Saugstiefelbehandlung wieder. Dabei bedeuten: - = K; $\overline{\overline{\overline{\quad}}}$ = $M_{x\ abs}$; $\bar{\bar{\bar{\quad}}}$ = M_{x3}.

8) Gruppen bei der Bindegewebsmassage

Werte der Fehlerrechnung bzw. Statistik der einzelnen Gruppen

Gruppe A

(Keine peripheren arteriellen Durchblutungsstörungen)

Extremität	Rheographiewert	Ruhewert	Behandlungsmitte K	Behandlungsmitte m_{abs}	Behandlungsmitte $M_{x\,abs}$	Behandlungsmitte M_{x3}	nach Behandlungsende K	nach Behandlungsende m_{abs}	nach Behandlungsende $M_{x\,abs}$	nach Behandlungsende M_{x3}	nach 1o Minuten K	nach 1o Minuten m_{abs}	nach 1o Minuten $M_{x\,abs}$	nach 1o Minuten M_{x3}	nach 2o Minuten K	nach 2o Minuten m_{abs}	nach 2o Minuten $M_{x\,abs}$	nach 2o Minuten M_{x3}
li. US.	RQ	-	+19,2	±15,5	±3	± 9	+19,1	±16,4	±3,2	±9,6	+22,5	±17,3	± 3,4	±1o,2	+2o,3	±13,8	±2,7	±8,1
	RG	-	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	P_R	-	+12,2	±12,3	±2,4	±7,2	+13,5	±15,4	±3	±9	+16,9	±17,4	± 3,4	±1o,2	+13,8	±12,8	±2,5	±7,5
re. US.	RQ	-	+18,1	±15,4	±3	±9	+17,9	±15,9	±3,1	±9,3	+19,9	±14,7	±2,9	± 8,7	+18,6	±15,7	±3,1	±9,3
	RG	-	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	P_R	-	+13,9	±14	±2,7	±8,1	+12,8	±13,7	±2,6	±7,8	+15,1	±16,5	±3,2	±9,6	+13,5	±14,5	±2,8	±7,8

Tabelle 28

K = Gruppenmittelwerte der proz. Zu- oder Abnahme gegenüber den Ruhewerten (+= Zu-, -= Abnahme); m_{abs} = absoluter mittlerer Fehler der Einzelmessungen; $M_{x\,abs}$ = absoluter mittlerer Fehler der Gruppenmittelwerte; M_{x3} = dreifacher aufgerundeter Wert von M_x. Alle übrigen Abkürzunen entsprechen den bisher angeführten.

Extremität	Rheographiewert	Ruhewert	Behandlungsmitte				nach Behandlungsende				nach 1o Minuten				nach 2o Minuten			
			K	m_{abs}	$M_{x\,abs}$	M_{x3}	K	m_{abs}	$M_{x\,abs}$	M_{x3}	K	m_{abs}	$M_{x\,abs}$	M_{x3}	K	m_{abs}	$M_{x\,abs}$	M_{x3}
li. US.	RQ	-	+22	±19,5	±4,6	±13,8	+3o,1	±2o	±4,7	±14,1	+28,7	±21,7	±5,1	±15,3	+32,4	±22,2	±5,2	±15,6
	RG	-	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	P_R	-	+17,2	±17,2	± 4	±12	+22,5	±27,1	±6,4	±19,2	+19,8	±18,9	±4,5	±13,5	+2o	±19,6	±4,6	±13,8
re. US.	RQ	-	+29,5	±29,4	±6,9	±2o,7	+37,2	±35,9	±8,5	±25,5	+34,3	±31,8	±7,5	±22,5	+37,3	±28,5	±6,7	±2o,1
	RG	-	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	P_R	-	+24,9	±26,5	±6,2	±18,6	+28,8	±34,8	±8,2	±24,6	+26,9	±3o,5	±7,2	±21,6	±27,5	±28,4	±6,7	±2o,1

Tabelle 29

Gruppe C (Angioneuropathien)

Extremität	Rheographiewert	Ruhewert	Behandlungsmitte				nach Behandlungsende				nach 1o Minuten				nach 2o Minuten			
			K	m_{abs}	$M_{x\,abs}$	M_{x3}	K	m_{abs}	$M_{x\,abs}$	M_{x3}	K	m_{abs}	$M_{x\,abs}$	M_{x3}	K	m_{abs}	$M_{x\,abs}$	M_{x3}
li. US.	RQ	-	+18,3	±14,9	±5,6	±16,8	+ 24,6	±19,5	±7,4	±22,2	+23,6	±2o,4	±7,7	±23,1	+22,2	±19,2	±7,2	±21,6
	RG	-	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	P_R	-	+2o,2	±15,5	±5,8	±17,4	+19,9	±17,9	±6,8	±2o,4	+15,5	±16,2	±6,1	±18,3	+13,2	±13,2	± 5	± 15
re. US.	RQ	-	+2o,5	±1o,4	±3,9	±11,7	+21,6	±14,7	±5,5	±16,5	+2o,1	±14,9	±5,6	±16,8	+22,3	±1o,8	±4,1	±12,3
	RG	-	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	P_R	-	+19,5	±13,5	±5,1	±15,3	+14,9	±13	±4,9	±14,7	+12,7	±13,5	±5,1	±15,3	+11,9	± 7,8	±2,9	± 8,7

Tabelle 3o

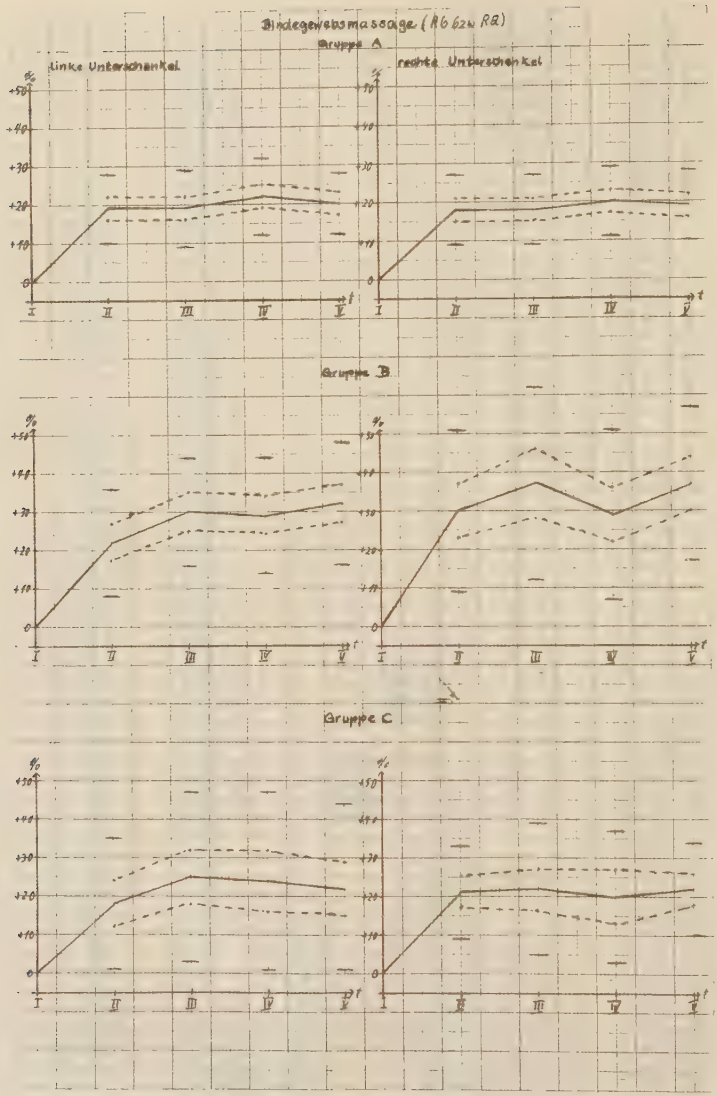


Abb. 48 gibt die graphische Darstellung der in den Tab. 28-3o (S. 96/97) angeführten Werte der Fehlerrechnung bzw. der Statistik der einzelnen Gruppen bei der Bindegewebsmassage wieder. Dabei bedeuten: - = K; $\overline{---}$ = $M_{x\ abs}$; $\bar{-}$ = $M_{x\bar{3}}$.

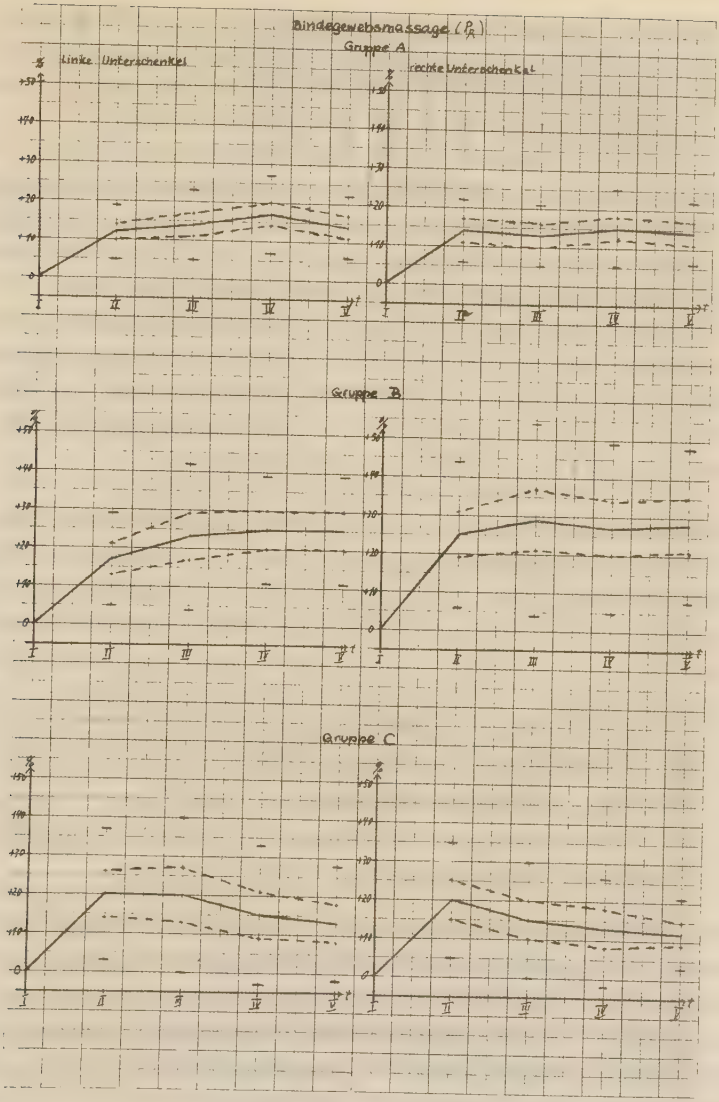


Abb. 49 gibt die graphische Darstellung der in den Tab. 28-30 (S. 96/97) angeführten Werte der Fehlerrechnung bzw. der Statistik der einzelnen Gruppen bei der Bindegewebsmassage wieder. Dabei bedeuten: -- K; $\overline{---}$ = $M_{x\ abs}$; $\bar{-}$ = M_{x3}.

F) Besprechung von Methodik und Ergebnissen (Diskussion)

1. Behandlungsmethodik

Da an ein und demselben Probanden drei voneinander sehr verschiedene Behandlungsmethoden durchgeführt wurden, ergibt sich daraus, dass eine Verlaufs- und Erfolgsbeurteilung einer einzelnen Methode über längere Zeit nicht möglich ist. Falls nach mehreren Behandlungen die rheographischen Werte eine Verbesserung oder auch eine Verschlechterung der Zirkulationsverhältnisse im Messbereich anzeigen würden, liesse sich ja nicht mehr entscheiden, ob alle drei Methoden, zwei oder nur eine für die veränderten Durchblutungsverhältnisse verantwortlich zu machen wären.

Darüberhinaus hat MATZDORFF (114), ähnlich wie ZIPP und DIETRICH (178) für die Oszillographie gezeigt, dass die Erfolgsbeurteilung über längere Zeit verabfolgter konservativer therapeutischer Maßnahmen aus dem Rheogramm nur mit Vorsicht bzw. überhaupt nicht exakt möglich ist. Der Grund liegt in der Bahnung von bedingten Reflexen. Aus diesen Gründen wurde von der Erfolgsbeurteilung einer grossen Serie von Behandlungen an einem einzelnen Patienten abgesehen. Es sollte hingegen festgestellt werden, wie sich jede einzelne Behandlung am gleichen Patienten und somit unter ziemlich gleichen Voraussetzungen in der Rheographie äussert und welche Erkenntnisse sich daraus für unsere Methoden ergeben.

Wie aus den "Grundtatsachen der Balneotherapie" von SCHNEIDER (156) sehr klar hervorgeht, spielen die Umstellungs- und Anpassungsphasen im Sinne von SELYE eine entscheidende Rolle bei der Reflexbahnung und bei der Akklimatisation gegenüber physikalischen Reizen verschiedenster Form. Die Versuche von DIRNAGL (3o) u.a. haben erkennen lassen, dass z.B. ein Kneippscher Guss bei mehrmaliger Verabreichung bereits nach Tagen und viel ausgeprägter noch nach einigen Wochen quantitativ stärker und mit einer kürzeren Reaktionszeit beantwortet wird. In ähnlicher Richtung

weisen die neueren Gesichtspunkte zur Erklärung des Wirkungsmechanismus der physikalischen Therapie von LACHMANN (1oo): "Wenn physikalisch-therapeutische Massnahmen einige Tage hintereinander im gleichen Milieu und zur gleichen Tageszeit wiederholt worden waren, genügen bereits die Vorbereitungen dazu, um entsprechende hämodynamische Blutbild- und Stoffwechselveränderungen auszulösen."

Wenn man aus den angeführten Tatsachen die Konsequenzen zieht, ergibt sich für unsere Versuchsmethodik, dass zur objektiven Beurteilung unserer Behandlungsmethoden am gleichen Probanden sicherlich nicht mehr als höchstens sechs Versuche - wie durchgeführt - angebracht waren.

Um zudem den Vergleich der einzelnen Verfahren untereinander möglichst wenig zu beeinträchtigen, wurde noch nach den Anweisungen von LINDER (111) zur Planung und Auswertung von Versuchen, der Grundsatz der "zufälligen Zuteilung" der Behandlungsmethoden in ihrer Reihenfolge in der Art eines Glücksspiels eingehalten.

Somit dürften unsere Ergebnisse sicherlich kaum durch die Art der Behandlungs- und Versuchsmethodik verfälscht worden sein.

2. Rheographie

Die durchgeführten Vergleiche zwischen linker und rechter Extremität eines Probanden sind apparativ exakt möglich gewesen, weil durch die verschiedenen Messfrequenzen im Rheographen eine gegenseitige Beeinflussung und Störung ausgeschlossen war. Die bei jeder Messung vorgenommene Brückenabgleichung gab die Gewähr dafür, dass immer unter gleichen Brückenverhältnissen registriert wurde. - Dass der Rheograph Leitfähigkeitsschwankungen linear in Spannungsschwankungen umsetzt, ist von KAINDL, POLZER und SCHUHFRIED (85) bewiesen.

Bei der Durchführung der Versuche zeigte es sich, dass die Längsrheographie sich - rein technisch gesehen - in der Handhabung als geeignet und anderen Methoden gegenüber als vorteilhaft erwiesen hat. -

Wie die Fehlerrechnung ergeben hat, ist die Beurteilung der von uns herbeigeführten physikotherapeutischen Effekte sowohl bei Personen mit, als auch bei solchen ohne periphere Durchblutungsstörungen im Einzelversuch innerhalb der rheographischen Leistungsbreite objektiv möglich. Darüberhinaus ist das Ergebnis der ermittelten Werte auf seine Zuverlässigkeit hin mit Hilfe der Wahrscheinlichkeitsrechnung statistisch nachgeprüft, durch Erfassen der Fehlergrenzen mathematisch gesichert und soweit als wissenschaftlich haltbar anzusehen.- Aus all dem ergibt sich eine Übereinstimmung mit den Autoren KAINDL, POLZER, SCHUHFRIED (85) und JANTSCH (73), die ebenfalls die Rheographie zur Überwachung der Wirkung einer physikalischen Therapie für geeignet halten. Darüberhinaus zeigen auch die zahlreichen experimentellen Untersuchungen von WENGER, WICK und KUHN (172), FRIEDMANN (43), KERSCHNER (88), MATZDORFF (114), JANTSCH (72), KAINDL, PÄRTAN und POLSTERER (81), GEHMACHER und KAINDL (46) u.a. eindeutig, dass die Längsrheographie durchaus als ein objektives Kriterium für einen gefässaktiven therapeutischen Effekt gilt und dass sie vor allem die vasodilatorischen und -konstriktorischen Massnahmen aufzeigt und graphisch registriert. Die oben erwähnte Feststellung MATZDORFFs (114) schliesst ja auch die Kontrolle während und direkt im Anschluss an eine Einzelbehandlung nicht aus, wo Veränderungen mit der Rheographie durchaus nachweisbar sind.

Es liegt nun nahe, zu fragen, welche Rückschlüsse die Ergebnisse der rheographischen Messungen auf die Durchblutung bei unseren physikalisch-therapeutischen Behandlungen gestatten. Hierzu ist zunächst zu sagen, dass nach Untersuchungen von KAINDL, POLZER und SCHUHFRIED (85), KAINDL, PÄRTAN un POLSTERER (81) die rheographische Untersuchungstechnik nur zur Beurteilung der grossen, auch subkutan gelegenen, und der grossen muskelversorgenden Arterien herangezogen werden kann. Die kleinen Hautgefässe werden

kaum erfasst und ebenso wenig die Venen. Die letzteren werden nur bei Vorhandensein von Herzvitien und sonstigen unphysiologischen Kreislaufverhältnissen erfasst. In Anlehnung an die lichtelektrischen plethysmographischen Versuche von MATTHES (113) ist KAINDL (80) unter Vorbehalten der Meinung, dass unter gewissen Voraussetzungen auch die Kapillarvolumen-Schwankungen und die pulssynchronen Schwankungen in den Venen bei Öffnen der arterio-venösen Anastomosen an dem dann entstehenden Integrationsbild der rheographischen Kurven in geringem Ausmasse beteiligt sind.

Wie die Versuche zur Testung gefässerweiternder pharmakologischer Substanzen (HESS [64],[65], KAINDL, PÄRTAN und POLSTERER [81]) ergeben haben, kann die durchblutungsfördernde Massnahme sich in drei arteriellen Gefässbezirken auswirken und zwar

1. vorwiegend in den Hautgefässen,
2. in den tieferen grossen und den muskelversorgenden Gefässen und
3. sowohl in den Haut- als auch in den Muskelgefässen.

Diese Feststellung bezieht sich auf die Wirkung vasodilatorischer Pharmaka. Sie erscheint aber auch für die von uns verwendete durchblutungsfördernde Physikotherapie anwendbar, da nach HOLZER (69) grundsätzlich kein Unterschied zwischen den "Energieformen" der physikalischen Therapie und der chemischen Mittel besteht. Unsere Ergebnisse erfassen also nur den therapeutischen Effekt, falls sich dieser nur oder unter anderem auch in den tieferen grossen, den muskelversorgenden und den grossen subkutanen Arterien abgespielt hat. Falls die physikalischen Einflüsse die Durchströmung des Hautgefäss-Systems verändert haben, ist dies nicht erfasst worden.

Die quantitative Bestimmung des Durchflussvolumens einer Extremität bzw. eines Extremitätenabschnittes ist mit der Rheographie, wie im Tierexperiment von KAINDL, POLZER und SCHUHFRIED (85) nach-

gewiesen worden ist, unmöglich. Nach den gleichen Autoren lässt sich aber etwa sagen: Wie bereits früher ausgeführt, kann der Pulskurvenanalyse und daher auch dem Rheogramm in Bezug auf quantitative Durchblutungsveränderungen keine grössere Bedeutung beigemessen werden. Einerseits wird durch diese Technik (Rheographie) nur vorwiegend die Intensität von Weitbarkeitsveränderungen in grösseren Arterien erfasst. Andererseits können - nach Ausschaltung der genannten variablen physiologischen Grössen - die Veränderungen der Form und Amplitude der rheographischen Kurve nur in qualitativ orientierender Hinsicht in der Art verwendet werden, dass einem nach Gabe des Wirkstoffes auftretenden "Erschlaffungstyp" sicher nicht eine Verminderung der Zirkulation, und dass einer Amplitudenreduktion sicher nicht eine Mehrdurchblutung zugeordnet werden können. Vielmehr ergeben die zahlreichen Vergleichsversuche mit Substanzen, deren Wirkungsart von anderen Autoren, z.B. mit der Kalorimetersonde von HENSEL oder der Venenstauplethysmographie, quantitativ festgelegt worden war, dass eine Erhöhung der Kurvenamplitude bei Gleichbleiben oder aber Steigerung der Herzfrequenz und bei Gleichbleiben oder Erhöhung des arteriellen Drucks regelmässig eine Steigerung der Durchblutung des Messbereiches bedeutet. Die Amplitudenreduktion gegenüber dem Ausgangswert hingegen wurde stets nur bei einer Verminderung der Durchblutung gefunden. Nochmals sei jedoch betont, dass die Hautdurchblutung damit praktisch nicht erfassbar ist. Auf die variablen physiologischen Grössen wird noch näher bei der Diskussion der einzelnen Behandlungsmethoden eingegangen werden.

Von JANTSCH (73) wird betont, dass die Kurven durch therapeutische Massnahmen wesentlich verändert werden können, dass die dabei resultierenden Kurvenformen aber weniger für die Art der Durchblutungsstörung als vielmehr für den jeweiligen Funktionszustand charakteristisch sind und dass nicht mit Sicherheit gesagt werden kann, ob eine Verbesserung des Rheogramms nach einer Behandlung ganz "einer Verbesserung des nutritiven Kreislaufs entspricht, oder ob nicht nur ein vermehrtes Abströmen des Blutes durch arterio-venöse Anastomosen erfolgt".

Unsere Versuche besagen nach alledem etwas über die Tonus-(Grundschwingungs)-Veränderungen der Arterien und erlauben ausserdem unter Vorbehalten einen Rückschluss auf die Blutzirkulation im Messbereich während und direkt nach der Anwenung des Saugstiefels, des Kohlensäure-Trockengas-Teilbades und der Bindegewebsmassage.

Ähnlich wie POLZER (132) messen wir auch dem Differentialrheogramm insofern Bedeutung bei, als es die Durchführung der Kurvenanalyse erleichtert.

3. Kohlensäure-Trockengas-Teilbad

In unserer Versuchsreihe ergab sich folgendes: Beim CO_2-Trockengas-Teilbad, das nach COBET (22) ein sehr wirksames, trockenes Wechselbad darstellt, zeigte sich, dass die Rheogramme, rheographischen Quotienten und relativen Pulsvolumina im Durchschnitt bei den einzelnen Gruppen immer eine sehr geringe Zu- oder Abnahme aufwiesen. Ebenso zeigten die rheographischen Kurvenbilder keine signifikanten Veränderungen ihrer Form und damit des Gefässwandtonus. Fehlerrechnung und Statistik beweisen dann auch, dass man mit der Rheographie keine wesentlichen Veränderungen bei der Auswertung der Gruppen während und kurz nach der Behandlung feststellen kann. Eine Ausnahme von dieser Feststellung bilden die Fälle, in denen es zu einem Gefäßspasmus kam, und die wenigen Fälle, bei denen der Einzelversuch auch eine Zunahme der Amplitude erkennen liess. Eine verstärkte Blutfüllung, soweit dies durch Abgleichen der Brücke erfassbar ist, konnte ebenfalls nicht beobachtet werden.

Es erhebt sich die Frage, welchen Einfluss weitere in der Rheographie zu beachtende variable Kreislauffaktoren auf das Ergebnis gehabt haben. Die Herzfrequenz, die auch erfasst worden ist, hat sich nicht wesentlich verändert. Beim relativen Pulsvolumen, bei dessen Errechnung die Herzfrequenz mitberücksichtigt wird, hätte sich das ja auch bemerkbar machen müssen. WIESNER (173) konnte auch keinerlei Veränderungen der Pulszahlen während der einzelnen Gasbäder feststellen.

Die Veränderung des Blutdrucks und des Schlagvolumens bzw. Minutenvolumens im CO_2-Gasbad ist vielfach untersucht worden. DIRNAGL und KAMM (31) registrierten einen geringen systolischen und diastolischen Anstieg, wobei aber schon während des Bades ein Umschlag in eine Senkung eintrat sowie ein deutliches Absinken des Schlagvolumens. Im Durchschnitt wurden von den Autoren WIESNER (173), PARADE (129) u.a. fallende Blutdruckwerte angegeben. 1932 hat PARADE (128) gezeigt, dass der im CO_2-Gasbad gewöhnlich fallende Blutdruck bei gleichzeitiger Einatmung geringer Mengen CO_2-Gases, die das Vasomotorenzentrum reizen, in einen ansteigenden umgewandelt wird. Nach SCHÄFFER und SAUER (15o) spielen die inhalierten CO_2-Mengen in Teilbädern aber praktisch keine Rolle. - Nach REICHEL (139) kommt es zu einer erheblichen Steigerung des Herzminutenvolumens.

Wenn man nun neben der Herzfrequenz noch den Blutdruck und das Schlagvolumen von den rheographischen Werten eliminieren will, so erweist sich dies erstens als nicht sehr sinnvoll, weil ja gegenüber dem Ruhewert keine signifikanten Werte gemessen wurden - also schwer etwas zu eliminieren ist - und zweitens ist es sicherlich unwahrscheinlich, dass die physiologisch variablen Grössen gerade so waren, dass sie eine theoretisch angenommene Zu- oder Abnahme der rheographischen Werte immer gerade aufgehoben haben.

Bemerkt sei, dass die von den erwähnten Autoren festgestellten veränderten Kreislaufverhältnisse im CO_2-Gasbad nur bedingt zu Vergleichszwecken herangezogen werden können, weil von ihnen das CO_2-Gasbad stets in einer anderen Form als bei uns appliziert worden ist. Die Unterschiede bestanden in Bezug auf die CO_2-Temperatur, den CO_2-Druck und auf die Dauer des einströmenden Gases sowie in der Grösse der Körperoberfläche, auf die das CO_2-Gas einwirkte.

Da die von uns gefundenen Werte der Gruppen kleiner sind als die dreifachen mittleren Fehler der Mittelwerte, kann man - wie schon

mehrfach erwähnt, - nicht von einer gesicherten prozentualen Veränderung gegenüber dem Ruhewert sprechen. Trotzdem ist folgendes bemerkenswert:

Bei den Probanden ohne periphere Durchblutungsstörungen liegen die geringen prozentualen Veränderungen alle im positiven Bereich und bei den Angiopathikern alle im negativen Bereich. Darüberhinaus ist noch auffallend, dass bei den Angiopathikern an der rechten Extremität die Werte stets tiefer liegen als an der linken, und dass bei Normalpersonen an der rechten Extremität die geringe Zunahme rechts stets tiefer liegt als links. Das bedeutet, dass bei allen drei Gruppen an der rechten Extremität immer niedrigere Werte registriert wurden als in der linken. Da bei der Bindegewebsmassage und beim Saugstiefel kein ähnlicher Befund erhoben werden konnte, kann dies nicht apparativ bedingt sein. Die Lagerung der Extremitäten, von der ja bekanntlich nach GASKELL und BURTON (45) die Durchblutung der Beine mit abhängt, ebenso die Raumtemperatur, die nach GRAYSON (52) ebenfalls für die Grösse der peripheren Durchblutung verantwortlich ist, waren für beide Extremitäten gleich und fallen somit als Ursache weg. Erwähnenswert ist auch die Tatsache, dass bei Rechtshändern die Muskulatur des linken Beines stärker ausgebildet ist als die des rechten Beines mit einer damit verbundenen unterschiedlich auftretenden Veränderung der Gefässe.

Der CO_2-Einstrom erfolgte auf beiden Extremitäten gleichmässig. In dem Heissluftkasten brannten rechts zwei und links eine Glühbirne, so dass eine stärkere Wärmeeinstrahlung auf die rechte Extremität erfolgte als auf die linke. Dies könnte als Ursache in Erwägung gezogen werden. Die Befunde könnten letztlich als ein Hinweis darauf gewertet werden, dass evtl. die Temperatur für die Beobachtungen verantwortlich ist, dass bei den Angiopathikern die Werte alle im negativen Bereich liegen, und dass bei ihnen und auch bei Gesunden von der rechten Extremität die rheographischen Werte stets niedriger liegen als an der linken. SCHULZ und AMELUNG (162) konnten ja nachweisen, dass bei CO_2-Gasbädern mit gleichzeitiger Dampfzufuhr die gleichen Effekte, nämlich Erhöhung der Hauttemperatur und das von DIRNAGL und KAMM (31) beobachtete

Absinken des Schlagvolumens zu erzeugen sind, wie bei alleiniger Dampfzufuhr (31°C) und somit Temperaturerhöhung. Auch WIESNER (173) weist darauf hin, dass es noch gar nicht sicher ist, ob die experimentell so häufig nachgewiesene Wirkung der CO_2-Gasbäder überhaupt mit der Kohlensäurewirkung identisch ist. Die CO_2-Gasbäder sind ja überhaupt immer mit einer Temperatureinwirkung auf die Haut verbunden, gleichgültig, ob sie trocken oder in Verbindung mit Dampf verabfolgt werden. COBET und HAEBLER (23) haben bereits die Beobachtung gemacht, dass bei höheren Temperaturen eine Verbesserung der CO_2-Resorption eintritt. Die Folge ist, dass man in Erwartung einer optimalen CO_2-Wirkung mit den Temperaturen hoch hinaufgeht. SCHLIEPHAKE und KAHLEIS (155) sprechen sich für eine Temperatur in CO_2-Bädern aus, die angenehm empfunden wird. ECKERVOGT (35) bestreitet die Wichtigkeit der Temperatur für die Resorption von CO_2. Nach ihm ist die Strömungsgeschwindigkeit der Kohlensäure entlang der Haut massgebend für die CO_2-Wirkung. Dabei soll das schnellströmende Gas wesentlich wirksamer sein als das stehende. Wenn das Gas schnell an der Haut entlangströmt, dürften wahrscheinlich doch auch die kreislaufregulatorischen Faktoren zur Regelung der Abgabe und Konvektion der körpereigenen Wärmeenergie sich stärker auswirken.

Eine verstärkte Hautdurchblutung beim CO_2-Gasbad ist festgestellt worden. Es ist dazu zu sagen, dass eine solche ja kreislaufregulatorisch stets bei Veränderung der die Körperoberfläche umgebenden indifferenten Temperaturen, wie dies auch im CO_2-Gasbad erfolgt, erforderlich ist. Es könnten unsere Befunde somit wie folgt gedeutet werden:

Bei den Probanden ohne periphere Durchblutungsstörungen war vielleicht die Abgabe und Konvektion körpereigener Wärmeenergie unter den vorliegenden Temperaturverhältnissen ohne wesentliche Beeinträchtigung der tiefer gelegenen Gewebsgebiete möglich. Bei den Patienten mit Zirkulationsstörungen an den unteren Extremitäten war der gleiche kreislaufregulatorische Effekt nur möglich mit einer Verschlechterung der mit der Rheographie erfassbaren Durch-

blutungsverhältnisse. Über alles, was mit der Rheographie nicht zu erfassen ist, kann natürlich keine Aussage gemacht werden.

Die Resorption von CO_2 durch die Haut in Kohlensäure-Gasbädern haben KRAMER und SARRE (95), HEDIGER (58), COBET und HAEBLER (23), WITZLEB (175) u.a. bewiesen. Dass auch in CO_2-Teilbädern beachtliche Kreislaufeffekte zustandekommen, darauf weisen KRUG (97), SCHLECHT (153) u.a. hin. Ob die in CO_2-Gasbädern beobachtete Steigerung der kapillaren Durchblutung durch Erweiterung der Haargefässe von so entscheidender Bedeutung ist, wird von PARADE (129) dahingestellt, nachdem auch schon REICHELs und PALMEs (14o) Hauttemperaturen dagegen sprechen. Worüber sich aber fast alle Autoren - COBET (21), (22), SCHWENKENBECKER (163), SCHÄFFER und SAUER (15o), OELLER (124), KRETSCHMER (96), SCHOLTZ und FEUSTEL (159), FRANCK (41) u.a. - einig sind, dass die Kohlensäure-Gasbäder, auch in Form der Teilbäder, bei peripheren arteriellen Durchblutungsstörungen einen heilenden Effekt ausüben.

PABST (126) konnte ja mit der gleichen CO_2-Trockengas-Teilbad-Einrichtung und -behandlung, wie wir sie für unsere Versuche benützt haben, nach einer Serie von Bädern mit der radioaktiven Clearance eine verbesserte Durchblutung bei Angiopathikern an den Extremitäten feststellen. Wir vermuteten somit auf Grund der bei der rheographischen Auswertung mit der Temperatur im CO_2-Trockengas-Teilbad gemachten Erfahrung und der Tatsache, dass bei dem gleichen Bade nach häufiger Anwendung eine durchblutungsfördernde Wirkung mit dem Radiojod-Hyperämietest mit J^{131} von PABST (126) festgestellt worden ist, dass es zu einer zentralen kreislaufregulatorischen Beeinflussung mit Bahnung eines die periphere Durchblutung verbessernden Mechanismus kommt.

REICHEL und PALME (14o) ziehen für die Erfolge den zentralen Einfluss auf das Vegetativum in Erwägung. LENTRODT (1o6) nimmt an, dass die durch die Haut diffundierende Kohlensäure am Zwischenhirn, der Hypophyse und der Nebenniere bei den CO_2-Trockengas-Teilbädern wirkt. Nach WIESNER (173) und PARADE (129) handelte es sich wahrscheinlich um die Bahnung von Kreislaufreflexen durch

die periodische Anwendung von CO_2-Gasbädern. GOETZ und AMES (49) führen die Wirkung im Teilbad auf die Erhöhung der allgemeinen Bluttemperatur mit Reizung der thermosensiblen Zentren im Hypothalamus zurück.

4. Saugstiefelbehandlung

Bei der von uns durchgeführten Saugstiefeltherapie mit alternierendem Unterdruck von -5o mm/Hg, ebenso wie bei der Stauung am Oberschenkel mit +5o mm/Hg während und nach der Behandlung konnte keine rheographisch ausdrückbare Vermehrung der arteriellen Durchblutung festgestellt werden, sondern nur ein gegenteiliger Effekt. Die Kurven zeigten signifikante Veränderungen. Die bei einem Unterdruck von -5o mm/Hg registrierten rheographischen Kurven wiesen eine starke Amplitudenreduktion mit Veränderungen des Gipfels und des absteigenden Kurventeils auf. Die Kurven nahmen vielfach ähnliche Formen an, wie solche bei peripheren arteriellen Durchblutungsstörungen gefunden werden. Mit den amplitudenreduzierten Kurven, wie sie beim Gefäßspasmus auftreten, hatten sie keine Ähnlichkeit. Bei Angiopathikern wurde sinngemäss eine noch hochgradigere Zirkulationsbehinderung wiedergegeben. wie dies ohne eine Behandlung der Fall war. Mit der Nachahmung der mechanischen Druckverhältnisse wie sie durch die Gummistulpe des Saugstiefels am Oberschenkel herrschen, konnten nur annähernd ähnliche Befunde erhoben werden.

Die Amplitudenreduktion, die ihren Ausdruck in dem Rheogramm (RG) findet, war im Saugstiefel stets um ungefähr 3 bis 5 Prozent niedriger als bei RQ, weil der Grundwiderstand R im Messbereich sich während des Unterdrucks verkleinerte. Diese Verkleinerung von R ist der Ausdruck einer verstärkten Blutfüllung im Unterschenkel bei -5o mm/Hg. Es handelt sich aber sicher nur um eine scheinbare Verbesserung der Extremitätendurchblutung im Saugstiefel. Wie erklärt sich aber die Diskrepanz zwischen vermehrter Blutfüllung und dem auf eine Minderdurchblutung hinweisenden rheographischen Kurvenbild? Bei der Stauung ohne Saugstiefel konnte keine Abnahme des Grundwiderstandes beobachtet werden. Die Verringerung von

R im Saugstiefel kommt sicherlich durch eine starke Behinderung der venösen Abflusswege im Unterdruck und damit durch eine Anreicherung der Extremität mit Blut zustande. Eine so ausgeprägte Blutanreicherung ist mit einer einfachen Stauung mit entsprechenden Drucken am Oberschenkel nicht zu erreichen. Dass es sich während des Unterdrucks nicht nur um eine Erweiterung und Stauung der Venen handelt, geht daraus hervor, dass die arteriell bedingte Rheographiekurve ebenfalls verändert wird. Nur der entsprechend der Herzaktion sich verändernde Flüssigkeitsgehalt im registrierten Abschnitt beeinflusst die Kurve. Da es mit zunehmendem Unterdruck zu einer zunehmenden Amplitudenverkleinerung und Abnahme des Grundwiderstandes kommt, muss die Kapazität des Messbereichs für das nach jeder Herzsystole neu einströmende arterielle Blut immer mehr abnehmen und die venöse Blutmenge immer mehr zunehmen. Was das Verschwinden der Nachwellen betrifft, stimmen wir der Ansicht KAINDLs (8o) zu, dass bei einer venösen Stauung die von prallgefüllten Venen umgebenen Arterien elastische Nachschwingungen nicht mehr ausführen können, zumal der Rückstoss nicht mit so grosser Intensität ankommt wie die Pulswelle selbst. Im Saugstiefel sind Gipfel und absteigender Schenkel der stark amplitudenreduzierten rheographischen Kurve nach unserer Vorstellung jeweils so geformt, wie der mit zunehmender Stauung ansteigende Venendruck die Elastizität der Arterien und den Rückstoss der Pulswelle aus der Peripherie noch zur Geltung kommen lässt.

Die Beobachtung, dass beim Saugstiefel viel plumpere und stärker amplitudenreduzierte Kurven entstehen als bei einer Stauung am Oberschenkel, erklärt sich dadurch, dass während des Unterdrucks eine massivere Behinderung des venösen Abflusses durch die Sogwirkung auf die Haut der Extremität, die sichtbar livide anschwillt, erfolgt. Letzteres konnte im einfachen Stauversuch nicht bemerkt werden.

Die Tatsache, dass die rheographische Kurve umso stärkere Veränderungen zeigt, je proximaler die Gummistulpe des Saugstiefels am Oberschenkel befestigt und je breiter diese auf Grund der jeweiligen Oberschenkelform anliegen kann, ist wohl so zu verstehen, dass

die venösen Abflussbedingungen dadurch umso schlechter werden.

Die Herzfrequenz wurde während des Saugstiefelversuchs nicht auffallend verändert, so dass das relative Pulsvolumen ziemlich die gleichen prozentualen Zu- oder Abnahmen aufwies wie der rheographische Quotient.

Nach der Vorstellung von JUNOD (75), (77), (78) werden in seinem Saugstiefel, der sich von unserem nicht wesentlich unterscheidet, nur die Kapillaren erweitert und die Hautvenen verengt. Unsere Versuche liessen hingegen auf stark erweiterte Venen schliessen. BIER (9) konnte im Saugstiefel eine Vermehrung der Hauttemperatur nachweisen. Nach ihm wirkt die Luftverdünnung in erster Linie auf die Kapillaren, in der Vorstellung, dass diese die nachgiebigste Wandung haben, und in zweiter Linie erst auf die Venen. Die Arterien bzw. die arterielle Funktion werden nach BIER nur sehr unbedeutend beeinflusst. Diese letzte Feststellung dürfte durch unsere Versuche als widerlegt anzusehen sein. BIER ist ferner der Ansicht, dass durch die Gummistulpe am Oberschenkel eine venöse Stauungshyperämie durch Behinderung des venösen Rückflusses hervorgerufen wird in der gleichen Art, wie dies mit einer Gummibinde zu erreichen ist. Mit der Rheographie konnten wir die Richtigkeit dieser Deutung in unseren Versuchen nachweisen. Dass mit dem Saugstiefel auch gleichzeitig eine arterielle Hyperämie erzeugt wird durch Verringerung des Widerstandes in den Kapillaren mit einer Beschleunigung des Blutstromes, konnten wir nicht feststellen. BIER spricht von einer gemischten Hyperämie im Saugstiefel.

Auch SINKOWITZ und GOTTLIEB (147) glaubten, als sie als erste den alternierenden Unterdruck im BIERschen Saugstiefel bei der Therapie der peripheren arteriellen Durchblutungsstörungen anwandten, dass sie dadurch eine arterielle Hyperämie durch Erweiterung der Kapillaren erzielen könnten.

Nach BRAEUCKER (15) wird durch den negativen Druck das Blut in die geschlossene Extremität gesaugt und dadurch eine passive

Dehnung der Gefässe hervorrufen. REID und HERRMANN (141) führten die Saugstiefelbehandlung im gleichen Rhythmus wie wir, nur eben mit einem Unterdruck von -7o mm/Hg durch. Ihre Vorstellung war, dass durch den alternierenden Unterdruck der Kollateralkreislauf ausgebildet würde.

Wir dagegen neigen zu der Ansicht, dass das Blut nicht in die Extremität gesaugt, sondern in ihr gestaut wird und dass die prallgefüllten Venen die Dehnung der arteriellen Gefässwände verhindern und den arteriellen Zustrom drosseln. Man könnte an Stelle eines S a u g stiefels auch von einem S t a u stiefel sprechen.

5. Bindegewebsmassage

Dass die Segment-Reflex-Therapie ganz allgemein z.B. bei Anwendung von Pharmaka eine erfolgreiche Methode für die Behandlung der peripheren arteriellen Durchblutungsstörungen darstellt, wies KYSELKA (99) mit Hauttemperaturmessungen nach.

Was die Bindegewebsmassage betrifft, so ist diese Art der Segment-Therapie bei Durchblutungsstörungen der unteren Extremitäten in ihrem klinischen Bild durch Nachlassen örtlicher Verspannungen und Schmerzen, Verschwinden der Claudicatio intermittens, Abheilung von Wunden usw. gut zu erkennen. Dass es sich hierbei nicht um suggestive bzw. psychosomatische Vorgänge handelt, wurde von VÖLKER und ROSTOSKY (17o) 1949 mit exakten thermoelektrischen Messungen an der Extremitätenhaut nachgewiesen. Unsere Ergebnisse haben das gleiche gezeigt. Bei der Bindegewebsmassage kam es zu einer signifikanten Amplitudenzunahme der rheographischen Kurve und zu einem angedeuteten "Erschlaffungstyp", also zu einer deutlichen Veränderung des Gefässtonus im Sinne einer Abnahme der Arterienwandspannung. Die Ergebnisse schliessen auf Grund des vasodilatatorischen Effektes die Möglichkeit einer verstärkten Durchblutung durch die Bindegewebsmassage in sich.

Bei der Massage kam es zu einer absinkenden Pulszahl. Dieser Befund wird auch von GROBER (53) angegeben. Die Folge davon ist, dass das relative Pulsvolumen um einige Prozente gegenüber dem

rheographischen Quotienten weniger gegenüber dem Ruhewert ansteigt. Trotzdem zeigte auch P_R eine statistisch gesicherte Zunahme.

LEUBE und DICKE (1o8) glauben auf Grund ihrer jahrelangen Erfahrung mit der Bindegewebsmassage sagen zu können, dass diese nur bei Vorhandensein erhöht gespannter Gewebsabschnitte sinnvoll sei. Das objektive Zeichen der erhöhten Gewebsspannung ist neben dem Tastbefund die typische Hautreaktion bei der Durcharbeitung der HEADschen Zonen. Wir haben bei den Versuchen stets auf diese Hautgefässreaktion nach den Bindegewebsstrichen geachtet. Letzteres ist in seiner diagnostischen Bedeutung ja schon von SCHNEIDER und SEELENTAG (157) bearbeitet worden.

Von uns wurde beobachtet, dass bei allen Probanden - gleichgültig, ob sie Durchblutungsstörungen an den Beinen hatten oder nicht - bei Vorhandensein einer ausgeprägten Hautreaktion durch die Bindegewebsmassage Veränderungen im rheographischen Kurvenbild auftraten, wie sie bei den Ergebnissen geschildert worden sind. Bei fast allen Patienten, bei denen rheographisch während und nach der Behandlung keine Veränderungen feststellbar waren, war auch keine typische Hautreaktion sichtbar. Die typische Hautreaktion setzt allgemein einen erhöhten Spannungszustand voraus. LEUBE (1o7) gibt ja auch an, dass bei fehlender Hautreaktion bzw. fehlender Gewebsspannung "durch noch so energisches Durchziehen ein Reflexgeschehen nicht bewirkt werden kann".

Eine ungefähre Übereinstimmung mit den Ergebnissen VÖLKERs und ROSTOSKYs (17o) ergibt sich in Bezug auf den Zeitpunkt der feststellbaren Gefässreaktion der Bindegewebsmassage an den unteren Extremitäten. Auch wir konnten in der Mitte bzw. direkt nach Beendigung der Bindegewebsmassage in vollem Umfang das Einsetzen der vasalen Reaktion erkennen, die noch 2o Minuten nach dem Abschluss der Massage voll wirksam war. Es ergibt sich daraus, dass die günstige Wirkung der Bindegewebsmassage schon während der ersten Behandlung nach Durcharbeitung der Bindegewebsspannungen experimentell auch mit der Rheographie nachweisbar ist. Selbst bei

schweren Angioorganopathien gelang im Einzelexperiment die rheographische Registrierung einer Gefässreaktion. Vor kurzem wurde von GROSS (55) mitgeteilt, dass er eine Hauttemperaturerhöhung der Akren bei der Bindegewebsmassage bei Gesunden und Sympathektomierten gegen Schluss der Massage mit einem Maximum nach 2o Minuten nach Beendigung derselben gefunden habe. Dass auch klinjsch schon nach wenigen Arbeitsgängen eine Wirkung der Bindegewebsmassage zu sehen ist, ist schon seit langem durch DICKE (29) und TEIRICH-LEUBE (167) bekannt.

Diejenigen Patienten, die ohne Besonderheiten waren und keine rheographische Reaktion erkennen liessen, fallen wahrscheinlich teilweise unter die von GROSS gefundenen 5o Prozent Gesunden, die bei der Hauttemperaturmessung an den Akren bei der Reflexzonenmassage einen negativen Ausfall zeigten. Bei ihnen konnte GROSS "ein pathologisches Bild der Wiedererwärmungskurve" nachweisen. GROSS rechnet sie zu den "potentiellen Trägern einer Angioneuropathie". Ein Gefäßspasmus bei der Bindegewebsmassage konnte von uns aber nicht festgestellt werden. Für den verbleibenden Rest der Versuchspersonen ohne Reaktion liesse sich eine Fülle von wahrscheinlichen Gründen anführen, wie tagesrhythmisch verschiedene Reaktionslage usw. Dies wäre aber nur hypothetisch.

Die Bindegewebsmassage ist nicht, wie allgemein üblich, am sitzenden Patienten durchgeführt worden, sondern stets am liegenden in linker Seitenlage. Dabei wurde die Wahl der linken Seitenlage willkürlich vorgenommen, um bei jedem Patienten die gleichen Voraussetzungen zur Durchführung der Massage zu schaffen. Am liegenden Patienten wurde die Massage aus folgenden Gründen durchgeführt:

1. damit der Patient entspannt lag,
2. weil der Patient nicht während der ganzen Versuchszeit ruhig sitzen bleiben würde,
3. aus messtechnischen Gründen zur Erzielung einwandfreier rheographischer Kurvenbilder.

4. Bei einer Massage im Sitzen wäre zur Aufzeichnung des Rheogramms ein Wechsel von der vertikalen in die horizontale Lage notwendig gewesen. Allein dadurch bestünde die Möglichkeit einer Veränderung der Durchblutungsverhältnisse der beiden unteren Extremitäten.

Die linke Seitenlage des Patienten bringt es zwangsläufig mit sicht, dass die Massage, rein manuell gesehen, auf der rechten Körperseite viel besser durchführbar war als auf der linken. Ein Vergleich der rheographischen Befunde zwischen linker und rechter Extremität zeigt nun, dass die Werte rechts, also dort, wo intensiver gearbeitet worden ist, durchweg auch höher liegen als links. - Für die Reaktion zwischen links und rechts sind die Gruppenwerte der rheographischen Quotienten und des relativen Pulsvolumens herangezogen worden, die aus Werten gebildet worden sind, die sich über 6 bzw. über 8 Prozent bewegten. Diese Werte liegen nämlich ausserhalb der Fehlergrenze der Ruhewerte. Ausserdem wird oberhalb hiervon eine Zunahme gegenüber dem Ruhewert wahrscheinlich. - GROSS konnte eine Abhängigkeit der Hauttemperaturerhöhung bei der Bindegewebsmassage von der Lagerung des Patienten während der Massage nicht feststellen. Die unterschiedlichen Befunde dürften wohl einerseits auf die sehr andersartige Form der Registrierungsmöglichkeit und andererseits auf die individuelle Technik jeder Therapeutin zurückzuführen sein. Denn GROSS wiederum konnte zeigen, wie sehr die Ergebnisse der Bindegewebsmassage von der Form ihrer Durchführung abhängen.

VÖLKER und ROSTOSKY (17o) haben aus der Tatsache, dass sie von der gegenüberliegenden Beckenseite einer Extremität eine Mehrdurchblutung kranker Gefässbereiche erzielten, den Schluss gezogen, dass der Bindegewebsmassage ein humoraler Wirkungsmechanismus zugrunde liegen müsse. - Unser Befund, dass der intensiven Durcharbeitung des Bindegewebes einer Seite auch ein seitengleicher Gefässeffekt folgt, spricht mehr für die segmentär-reflektorische Wirkung der Bindegewebsmassage wie ein solcher von LEUBE und DICKE (1o8) angenommen wird. Das zweite Argument VÖLKERs und ROSTOSKYs gegen "das Vorliegen einer nervös-reflektori-

schen Aetiologie der Gefässerweiterung", nämlich die Tatsache, dass die vasodilatatorische Wirkung der Bindegewebsmassage erst gegen Ende bzw. nach Beendigung der Behandlung eintritt, konnte durch unsere Ergebnisse gestützt werden. Das bedeutet aber noch keine sichere Stütze des humoralen Wirkungsanteiles, da beim Wirkungsmechanismus des neurovegetativen Reflexes ein Schwelleneffekt möglich wäre. - Über die konsensuelle Reaktion lassen sich keine exakten Aussagen machen, da die Bindegewebsmassage für die linke und die rechte untere Extremität nicht streng getrennt durchgeführt worden ist.

Die zur Zeit vorliegenden Untersuchungen lassen, wie auch die Arbeit von GROSS zeigt, die Frage ungeklärt, ob es sich um einen humoralen oder neuralen Wirkungsmechanismus oder um beides bei der Bindegewebsmassage handelt, weil für jede dieser Annahmen der exakte Beweis fehlt. Hier bedarf es somit noch weiterer Forschungen. Zum Schluss sei noch ein vorläufiger Erklärungsversuch von GROSS angeführt, nämlich dass die Reflexmassage "teils auf indirekt neural-reflektorischem Wege, grösstenteils aber auf humoral-histamin-ähnlichen Mechanismen ihre Wirkung erziele".

G) Zusammenfassung und Ausblick

Es wurde die Frage untersucht, ob der Effekt dreier physiko-therapeutischer Massnahmen auf die Gefässe der unteren Extremitäten mit der Rheographie nachgewiesen werden kann. 52 Personen mit und ohne periphere Durchblutungsstörungen wurden jeweils mit Kohlensäure-Trockengas-Teilbad, Saugstiefel und Bindegewebsmassage behandelt. Registriert wurden an beiden Unterschenkeln Rheogramm und Differentialrheogramm sowie das EKG.

Beim CO_2-Trockengas-Teilbad zeigten die rheographischen Kurven keine wesentliche Veränderung bis auf wenige Fälle, bei denen es zu einem leichten Gefäßspasmus kam. Auffallend war, dass bei den Angiopathikern im Gegensatz zu den Gesunden, ohne von einer Signifikanz sprechen zu können, sämtliche Werte während und nach der Behandlung gegenüber dem Ruhewert

sanken. Dies wurde als Audruck mangelnder Adaptationsfähigkeit auf die Temperaturen im CO_2-Bad gewertet. Es wurde vermutet, dass die Wirkung des Teilbades auf einer zentralen kreislaufregulatorischen Beeinflussung mit Bahnung eines die periphere Durchblutung beeinflussenden Mechanismus beruht.

Bei der S a u g s t i e f e l - B e h a n d l u n g zeigte sich bei einem Unterdruck von -5o mm/Hg bei sämtlichen Versuchspersonen eine signifikante Amplitudenreduktion mit auffallender Kurvendeformation, was als Folge einer starken venösen Stauung mit einer durch sie bedingten Behinderung des arteriellen Zuflusses angesehen wurde. Es konnten keine Anzeichen einer vermehrten arteriellen Durchblutung oder einer konsensuellen Reaktion festgestellt werden. Vorgeschlagen wurde die Umbenennung des Saugstiefels in einen S t a u stiefel.

Die Z u s a t z v e r s u c h e wurden durchgeführt, um zu sehen, ob mit einer Blutdruckmanschette am Oberschenkel bei analogen Druckwerten zum Saugstiefel die gleichen Veränderungen wie bei diesem erzielt werden können. Es ergab sich nur annähernde Übereinstimmung.

Bei der B i n d e g e w e b s m a s s a g e zeigte die Relation zwischen Amplituden- und Eichzackenhöhe signifikante Zunahmen gegenüber dem Ruhewert mit Anzeichen des sogenannten "Erschlaffungstyps". Somit handelt es sich bei der Bindegewebsmassage neben anderen bekannten Wirkungen um eine die Abnahme der Arterienwandspannung herbeiführende Massnahme, die sich schon in vielen Fällen in der Mitte der ersten Massage oder direkt nach deren Beendigung nachweisen lässt. Die vasale Reaktionszeit ist noch 2o Minuten nach Beendigung der Massage voll wirksam.

Sämtliche Ergebnisse wurden mit der Fehlerrechnung geprüft und statistisch ausgewertet. Die Bedeutung der einzelnen Punkte wurde diskutiert.

H) S c h r i f t t u m

1 ALLEN, E.V. und BROWN, G.E.: Intermittent pressure and suction in the treatment of chronic declusive arterial disease;
J.Amer.Med.Ass. 1o5 (1935): 2o29.

2 ATZLER, E. und LEHMANN, G.: Untersuchungen über den Einfluss der Wasserstoff-Ionenkonzentration auf die Blutgefässe von Säugetieren;
Pflügers Arch. 197 (1922): 221.

3 ATZLER, E. und LEHMANN, G.: Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden;
Abt.V. 8, Berlin (1935): 1o78.

4 BAECKMANN, C.: Zur Behandlung der Buergerschen Krankheit;
Med.Klin. 45 (195o): 6o3.

5 BARCROFT, H., BOCK, K.D., HENSEL, K. und KITSCHIN, A.H.: Die Muskeldurchblutung des Menschen bei indirekter Erwärmung und Abkühlung;
Pflügers Arch. 261 (1955): 199.

6 BECKER, S.: Erfahrungen mit der Saug-Druck-Behandlung peripherer Durchblutungsstörungen;
Med.Klin. 33 (1937): 1132.

7 BENATT, A.: Das Verhalten der Hautkapillaren unter dem Einfluss von kohlensauren Gasbädern;
Zs.Klin.Med. 126 (1934): 485.

8 BIER, A.: Über einige Verbesserungen hyperäminisierender Apparate;
Münchn.Med.Wschr. 51 (19o4): 241.

9 BIER, A.: Hyperämie als Heilmittel;
Verlag Vogel, Leipzig (19o7).

1o BLUCK, E.: Improved means or appliances for promoting or modifying the circulation of the blood in a living body;
Darling and Sons, London (1888).

11 BOEHM, G.: Ehemaliger Direktor des Rieder-Instituts in München (1924 - 52).

12 BONJER: Circulationsderzoek door Impedantie metting; Groningen (195o).

13 BONNARD, F.v.: Die Haemospasie, Geschichte, Beschreibung und Wirkungen der grossen Ventousen Junods oder des Schröpfstiefels; Leipzig (1848).

14 BORNSCHEIN und AUERSWALD: siehe Nr. 85: Kaindl, Polzer und Schuhfried: Rheographie, Verlag Steinkopff, Darmstadt, (1959).

15 BRAEUCKER, W.: Die Behandlung der RAYNAUDschen Krankheit; Der Chirurg 3 (1931): 756.

16 BRECHT, K. und BOUCKE, H.: Die Infraton-Oszillographie - Eine neue Methode zur Kontrolle der peripheren Durchblutung; Klin.Wschr. 31 (1953): 1o51.

17 BRÜCKEL, K.W., BERG, D., BERGER, H.D., JOBST, H., KOMMERELL, B., KREBS, M. und SCHETTLER, G.: Fortschritte der Arteriosklerosеforschung; Zs. Kreislauffg. 47 (1958): 923.

18 CLANNY, W.R.: Apparatus for removing the pressure of the atmosphere from the body or limbs; Lancet Vol.I, p.p. 8o4 - 8o5 (1835).

19 COBET, R.: Zur konservativen Behandlung der Extremitätengangrän; Verh.Ges.Inn.Med. 41 (1929): 48o.

2o COBET, R.: Zur Behandlung schlecht heilender Wunden, insbesondere auch der Extremitätengangrän mit gasförmiger Kohlensäure; Therap.d.Gegenwart 76 (1935): 14.

21 COBET, R.: Über Heilwirkungen der Kohlensäure; Med.Klin. 31 (1935): 126o.

22 COBET, R.: Wundbehandlung mit gasförmiger Kohlensäure; Dtsche.Med.Wschr. 62 (1936): 1574, Der Chirurg 8 (1936): 549.

23 COBET, R. und HAEBLER, T.v.: Über den Einfluss der Kohlensäuregasbäder auf den Menschen; Zs.Klin.Med. 112 (1930): 134.

24 COLLENS, W.S. und WILENSKY, N.D.: Intermittent venous occlusion in treatment of peripheral vascular disease. An experience with the 124 cases; J.Amer.Med.Ass. 109 (1937): 2125.

25 CORNELIUS, A.: Nervenpunktlehre; Verlag Georg Thieme, Leipzig (1909).

26 CREMER: Über das Seitenelektrometer und seine Anwendung in der Elektrophysiologie; Münchn.Med.Wschr. 54 (1907): 505.

27 DALMADY, Z.v.: Studien über Kohlensäuregasbäder; Zbl.Inn.Med. 41 (1921); Zs.Phys.diät.Ther. 25 (1921): 49.

28 DEMARQUAY: Essai de pneumatologie médicale; Bailliere, Paris (1866).

29 DICKE, E.: Massage reflektorischer Zonen im Bindegewebe; Die Therapiewoche 2 (1951/52): 461.

30 DIRNAGL, K.: Experimentelle Beiträge zur Kneipptherapie; Verlag H.Rösler, Bad Wörishofen (1955), S. 7, 17, 47.

31 DIRNAGL, K. und KAMM, S.: Experimentelle Ergebnisse über Kreislaufwirkungen von Kohlensäure-Gasbädern; Arch.phys.Therap. 7 (1955): 122.

32 DITTMAR, F.: Die Untersuchung der reflektorischen und algetischen Krankheitszeichen; Berlin, Saulgau (1948).

33 DITTMAR, F.: Die kutiviszerale Reflexbahn bei der Anwendung therapeutischer Hautreize; Medizinische 7 (1952): 205.

34 DOBNER, E.: Die Schädelrheographie als Methode zur Diagnose orthostatischer Kreislaufstörungen;
Elektromedizin, Bd. 3 (1958).

35 ECKERVOGT, F.J.: Über den Gaswechsel im Kohlensäure-Gasbad;
Zs. Kreislaufforsch. 43 (1954): 369.

36 EGERER, H.: Der Wert der Bindegewebsmassage und der Saug-Druck-Behandlung bei peripheren Durchblutungsstörungen;
Med.Klin. 3o (1954): 1179.

37 EJRUP, B.: Tonoszillographie after exercise;
Acta med.scand. 13o (1948): 211.

38 ERPENBECK: Die künstliche Luftverdünnung als Heil- und Hilfsmittel bei mancherlei inneren und äusseren Krankheiten;
Holschers Hannoversche Annalen, 4. Bd. (3. Heft).

39 ERPENBECK: Vorschlag eines neuen Mittels zur Regulierung des Blutlaufs, zur Tilgung und Bewirkung von Kongentionen sowie zur Ergiebigkeit des Aderlasses;
Caspars Wschr. für die gesamte Heilkunde (1838): 373.

4o FLEISCH, A.: Die Wasserstoff-Ionenkonzentration als peripher regulatorisches Agens der Blutversorgung;
Zs.Allg.Physiologie 19 (1921): 269.

41 FRANCK, R.: Moderne Therapie;
Verlag Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg (1949).

42 FRIEDELL, M.T.: Effect of cigarette smoke on the peripheral vascular system;
J.Amer.Med.Ass. 152 (1953): 897.

43 FRIEDMANN, G.: Lässt sich die Indikation zur Arteriographie der peripheren Gefässe durch unblutige Methoden einschränken?
Ärztl.Wschr. 12 (1957): 895.

44 FUCHS, M.: Die syncardiale Massage als Methode zur Verbesserung der Blutzirkulation;
Helvet.med.acta 15, Fasc.4/5 (1948): 386.

45 GASKELL, P. und BURTON, A.C.: Local postural vasomotor reflexes arising from limb veins;
Circulat.Research 1 (1953): 27.

46 GEHMACHER, K. und KAINDL, F.: Zur Beurteilung arterieller Kollateralbahnen an Extremitäten nach Verschluss der Schlagader;
Zs.Kreislaufforsch. 41 (1952): 82o.

47 GESENIUS, H.: Oszillographie und Arteriographie;
Dtsch.Med.Wschr. 74 (1949): 1.

48 GLÄSER: Segmentmassage;
Verlag G. Thieme, Leipzig (1955).

49 GOETZ, R.H. und AMES, F.: Reflex vasodilatation by body heating in diagnosis of peripheral vascular disorders;
Arch.Int.Med. 84 (1949): 396.

5o GOLENHOFEN, K. und HILDEBRANDT, G.: Zur Physiologie der Muskel-Ruhedurchblutung des Menschen;
Arch.physik.Therap. 1o (1958): 217.

51 GORDONOFF, T., SCHLIEPHAKE, E., SMETS, R., LAMPERT, H. und PFLEIDERER, A.: Physikalische Therapie;
Verlag Huber, Bern und Stuttgart (1958).

52 GRAYSON, J.: Reactions of the peripheral circulation to external heat;
J.Physiol. 1o9 (1949): 53.

53 GROBER, J.: Klinisches Lehrbuch der physikalischen Therapie;
Verlag Fischer, Jena (196o).

54 GROBER, J.: Fortschritte in der modernen physikalischen Therapie;
Ärztl. Wschr. 7 (1952): 337.

55 GROSS, D.: Beitrag zum Wirkungsmechanismus der Reflexzonen- oder Bindegewebsmassage;
Arch.physik.Therap. 1 (1961): 73

56 HANSEN, K. und STAA, H.v.: Reflektorische und algetische Krankheitszeichen der inneren Organe; Verlag G. Thieme, Leipzig (1938).

57 HEAD, H.: Die Sensibilitätsstörungen der Haut bei Viszeralerkrankungen (übersetzt von Seyfert, Halle); Hirschwald, Berlin (1898).

58 HEDIGER, S.: Experimentelle Untersuchungen über die Resorption der Kohlensäure durch die Haut; Klin.Wschr. 7 (1928): 1553.

59 HEDIGER, S.: Wundtherapie mit gasförmiger Kohlensäure; Klin.Wschr. 8 (1929): 1452.

6o HENSEL, H.: Über die Steuerung der peripheren Durchblutung; Arch.physik.Therap. 7 (1955): 6o.

61 HERRMANN, L.G.: Syphilitic peripheral vascular diseases, treatment by means of an intermittent negative pressure environment; The Amer.Journ.of Syphilis 17 (1933): 3o5.

62 HERRMANN, L.G. und REID, M.R.: Pavaex (Passive vascular exercise) treatment of obliterative arterial diseases of extremities; J.Med, 14 (1933): 524.

63 HERRMANN, L.G. und REID, M.R.: The conservative treatment of arteriosclerotic peripheral vascular diseases; Ann.Surg. 1oo (1934): 75o.

64 HESS, H.: Vorlesung über periphere arterielle Durchblutungsstörungen, 1959/6o.

65 HESS, H.: Die obliterierenden Gefässerkrankungen; Verlag Urban & Schwarzenberg, München-Berlin (1959).

66 HILDEBRANDT, G.: Zur Physiologie der menschlichen Muskeldurchblutung; Klin.Wschr. 35 (1957): 651.

67 HILDEBRANDT, G. und ENGELBERTZ, P.: Bedeutung der Tagesrhythmik für die physikalische Therapie; Arch.physik.Therap. 5 (1953): 16o.

68 HIRSCH, F.: Kapillarmikroskopische Beobachtungen bei Bädern, speziell bei künstlichen Kohlensäurebädern; Zs.f.wiss.Bäderkunde 3 (1928/29): 64.

69 HOLZER, W.: Physikalische Medizin in Diagnostik und Therapie; Verlag Maudrich, Wien (1941), 2. Auflage.

7o HOLZER, W., POLZER, K., MARKO, A.: Rheokardiographie; Maudrich-Verlag, Wien (1945).

71 HOSEMANN, H.: Die Grundlagen der statistischen Methoden für Mediziner und Biologen; Verlag G. Thieme, Stuttgart (1949).

72 JANTSCH, H.: Die Rheophygmographie; Wien.Med.Wschr. 1oo (195o): 478.

73 JANTSCH, H.: Zur Auswertung des peripheren Rheogramms; Wien.Med.Wschr. 1o8 (1958): 1oo4.

74 JOURDAN: Beiträge zur Wirkung der Haemospasie; Inaugural-Abhandlg. d. Med. Fakultät zu Giessen, Mainz (1848).

75 JUNOD, V.T.: Les avantages de la méthode hémospasique; Thèsis for Doctorale, Paris (1833), veröffentlicht in Censeur Médicale (1833).

76 JUNOD, V.T.: Recherches physiologiques et thérapeutiques sur les effets de la raréfaction de l'air, tant sur le corps que sur les membres isoles; Paris, Deville Cavellin (1834), abgedruckt in Rev.Méd.Franc.et Êtrang., Vol.3 (1834).

77 JUNOD, V.T.: Méthode hémospasique; Paris, G. Bailliere (1943).

78 JUNOD, V.T.: Traite théorique et practique de l'hémospasie; Masson, Paris (1875).

79 KAINDL, F.: Intraarterielle Dauerinfusion bei Durchblutungsstörungen;
Wien.klin.Wschr. 65 (1953): 611.

8o KAINDL, F.: Rheographie peripherer Arterien - Eine neue Methode zur Beurteilung arterieller Gefässe;
Arch.Kreislaufforsch. 2o (1954).

81 KAINDL, F., PÄRTAN, J. und POLSTERER, P.: Zur klinischen Anwendung eines neuen Vasodilatans;
Wien.klin.Wschr. 68 (1956): 186.

82 KAINDL, F. und PÄRTAN, J.: Rheographische Kontrolle reaktiv bedingter Durchblutungsänderungen;
Wien.klin.Wschr. 68 (1956): 463.

83 KAINDL, F., POLZER, K. und SCHUHFRIED, F.: Mehrfach- und Differentialrheographie;
Verh.Dtsch.Ges.Kreislaufforsch. 21 (1955): 451.

84 KAINDL, F., POLZER, K. und SCHUHFRIED, F.: Rheographische Studien bei Füllungsschwankungen im Venensystem unter besonderer Berücksichtigung der Tricuspidalklappen-Insuffizienz;
Verh.Dtsch.Ges.Kreislaufforsch. 22 (1956): 241.

85 KAINDL, F., POLZER, K. und SCHUHFRIED, F.: Rheographie;
Verlag Steinkopff, Darmstadt (1959).

86 KAINDL, F., POLZER, K. und SCHUHFRIED, F.: Die Amplitudenauswertung des Rheogramms;
Wien.Zs.Inn.Med. 4o (1959): 175.

87 KELLER: Siehe GESENIUS

88 KERSCHNER, W.: Über Rheoangiographie;
WienZs.Inn.Med. 31 (195o): 264.

89 KETY, S.: Quantitative measurement of regional circulation by the clearance of radioactive sodium;
Amer.J.Med.Sci. 215 (1948): 352.

9o KLAPP, R.: Über die Behandlung entzündlicher Erkrankungen mittels Saugapparaten;
Münchn.Med.Wschr. 52 (19o5): 74o.

91 KOEPPEN, S.: Neue Untersuchungsergebnisse über die Herzdynamik und Vektordiagraphie;
Münchn.Med.Wschr. 9o (1943): 6o7

92 KOHLRAUSCH, W.: Nervenpunkt- und Bindegewebsmassage;
Die Therapiewoche 2 (1951/52): 336.

93 KOHLRAUSCH, W.: Grundlagen der Reflexzonenmassage;
Die Therapiewoche 6 (1955): 468.

94 KOHLRAUSCH, W.: Reflexzonenmassage in Muskulatur und Bindegewebe;
Hippokrates-Verlag (1955).

95 KRAMER, K. und SARRE, H.: Untersuchungen über die Kohlensäurediffusion durch die Haut;
Klin.Wschr. 15 (1936): 1694.

96 KRETSCHMER: Über die Heilwirkung der Kohlensäure;
Dtsch.med.Wschr. 62 (1936): 1511.

97 KRUG, K.: Kohlensäure als Therapeutikum bei der Angina pectoris;
Arch.physik.Therap. 2 (195o): 273.

98 KÜNZLER, F.: Physikalische Kombinationsbehandlung im klinischen Betrieb;
Arch. physik.Therap. 34 (1951): 153.

99 KYSELKA, R.: Periphere Strombahn und Hautsegment;
Therap.Gegenw. 97 (1958): 1o.

1oo LACHMANN, H.: Neuere Gesichtspunkte zur Erklärung des Wirkungsmechanismus physikalischer Therapie;
Arch.physik.Therap. 1o (1958): 1.

1o1 LANDIS, E.M. und GIBBON, J.H.: The effects of alternate suction and pressure on blood flow to the lower extremities;
J.clin.Invest. 12 (1933): 925.

1o2 LANDIS, E.M.: Observations on the diagnosis and treatment of peripheral vascular disease;
Ann.Int.Med. 8 (1934): 282.

1o3 LANDIS, E.M. und HITZROT, L.H.: The clinical value of alternate suction and pressure in the treatment of advanced peripheral vascular disease;
Amer.J.Med.Sci. 189 (1935): 3o5.

1o4 LANGENBECK, B.: Zitat aus RATSCHOW, M.: Die peripheren Durchblutungsstörungen;
Verlag Steinkopff, Dresden-Leipzig (1946): 152.

1o5 LEINER, G.: Die Saug-Druck-Behandlung der Erkrankungen der peripheren Gefässe;
Klin.Wschr. 16 (1937): 783.

1o6 LENTRODT, H.W.: CO_2-Trockengasbäder und Kohlensäure-Wasserbäder;
Med.Klin. 49 (1954): 13o.

1o7 LEUBE, H.: Indikation und Technik der Bindegewebsmassage;
Therap.Gegenw. 9o (1951): 326.

1o8 LEUBE, H. und DICKE, E.: Massage reflektorischer Zonen im Bindegewebe bei rheumatischen und inneren Erkrankungen;
Verlag Piscalor, Stuttgart (1953).

1o9 LEWIS, Th.: Gefäßstörungen der Gliedmassen;
Verlag Thieme, Leipzig (1938).

11o LINDENBERG, H.: Klinische Beobachtungen über das Verhalten des Kreislaufs unter Behandlung mit Kohlensäuregasbädern;
Arch.physik.Therap. 9 (1957): 1o3.

111 LINDER, A.: Planen und Auswerten von Versuchen;
Verlag Birkhäuser, Basel/Stuttgart (1953).

112 MACKENZIE, J.: Krankheitszeichen und ihre Auslegung;
Kabitsch, Würzburg (1913).

113 MATTHES, K.: Kreislaufuntersuchungen am Menschen mit fortlaufend registrierenden Methoden; Verlag Thieme, Stuttgart (1951).

114 MATZDORFF, F.: Rheographische Untersuchungen zur Beurteilung peripherer Gefässe; Münchn.Med.Wschr. 1o2 (196o): 1656.

115 MEISTER, Th.: Behandlungsergebnisse der syncardialen Massage bei peripheren Zirkulationsstörungen; Schweiz.Med.Wschr. 79 (1949): 61.

116 METZ, D.: Zur diagnostischen Anwendung der photoelektrischen Plethysmographie mit reflektiertem Licht; Klin.Wschr. 33 (1955): 838.

117 MEYER, W. und SCHNIEDEN, V.: Bier's hyperemia treatment; W.B. Sounders Comp., Philadelphia (19o8).

118 MURRAY, J.: Nature and treatment of cholera - New method proposed; Med. and Surg.Journ., London, Vol. I, No. 24 (14.7.1832): 749, and Vol. II (8.9.1832): 185.

119 MURRAY, J.: On the local and general influence on the body of increased dimished atmospheric pressure; Lancet, London, Vol. I (28.3.1835): 9o9.

12o MUSSER, J.H.: Regent advances in peripheral vascular disease; Americ.J.Med.Sci. 19o (1935): 121.

121 NICOLADONI, K.: V.Dumreichers Methode zur Behandlung drohender Pseudarthrosen; Wien.Med.Wschr. 25 (1875): 81.

122 NYBOER, J.: Electrical impedance plethysmography; Med.Physics, Chicago (1944): 34o.

123 NYBOER, J.: Electrical impedance plethysmography, a physical and physiologic approach to peripheral vascular study; Circulation 2 (195o): 811.

124 OELLER, H.: Das Kohlensäure-Gasbad;
Dtsch.Med.Wschr. 62 (1936): 1844.

125 OSTWALD, E.: Klinische Untersuchung über den Einfluss der Gemütsverfassung auf Blutdruck und periphere Durchblutung;
Med.Klin. 44 (1949): 861.

126 PABST, H.W.: Diagnostik peripherer Durchblutungsstörungen und ihre Verlaufskontrolle in der Physikalischen Therapie;
Dtsch. und Österr.Ges.f.Balneologie, Bioklimate und Physik.Therap. (1960).

127 PABST, H.W. und AUER, R.: Isotopenuntersuchungen über die Regulation der peripheren Durchblutung in Abhängigkeit vom Alter;
Zs.Kreislaufforsch. 47 (1958): 755.

128 PARADE, G.W.: Heilwirkungen des Kohlensäuregases;
Fortschr.Therap. 8 (1932): 230.

129 PARADE, G.W.: Kohlensäure-Gasbäder und periphere Durchblutungsstörungen;
Arch.physik.Therap. 7 (1955): 118.

130 PARÉ, A.: Quevres complètes;
Bailliere, Paris (1840).

131 PIEPER, K.: Die konservativen Behandlungsmethoden der peripheren Durchblutungsstörungen;
Therap.Gegenw. 89 (1950): 74, 157, 185.

132 POLZER, K.: Neue Gesichtspunke der Rheographie;
Münchn.Med.Wschr. 102 (1960): 1658.

133 POLZER, K. und SCHUHFRIED, F.: Rheokardiographische Darstellung der Haemodynamik;
Zs. Kreislaufforsch. 40 (1951): 748.

134 POLZER, K. und SCHUHFRIED F.: Rheographie - eine Methode zur Kontrolle der Haemodynamik;
Subsidia Medica 8 (1956): 41.

135 PUTTKAMMER, J.v.: Organbeeinflussung durch Massage; K.F.Haug, Saulgau/Württ. (1948), 8. Auflage.

136 RATSCHOW, M.: Die physikalische Therapie der Durchblutungsstörungen; Die Therapiewoche 2 (1951/52): 34o.

137 RATSCHOW, M.: Angiologie; Verlag G. Thieme, Stuttgart (1959).

138 REESE, H., CULLEN, M.L. und BEYER, F.D.: Local shifting of blood in the lower extremities; J.Amer.Med.Ass. 149 (1952): 821.

139 REICHEL, H.: Balneologische Massnahmen bei Kreislaufstörungen; Therapiewoche 7 (1957): 336.

14o REICHEL, H. und PALME, U.: Erfahrungen mit der Kohlensäure-Gasbehandlung; Arch.physik.Therap. 4 (1952): 3o3.

141 REID, M.R. und HERRMANN, L.G.: Treatment of obliterative vascular diseases by means of an intermittant negative pressure environment; J.of Medicine 14 (1933): 2oo.

142 ROSA, L.: Diagnostische Anwendung des Kurzwellenfeldes in der Herz- und Kreislaufpathologie (Radiokardiographie); Zs.Kreislaufforsch. 32 (194o): 118.

143 RUFF, J., BOCK, K.D. und HENSEL, H.: Über die Wirkung des Rauchens auf die Muskeldurchblutung; Zs.Kreislaufforsch. 44 (1955): 272.

144 RUHMANN, J.: Die Tastmassage in der Praxis. Biologische Grundlagen der Tastmasssagebehandlung; Fortschr.Therap. 1o (1934): 78 und 151.

145 SHIPLEY, A.M. und YEAGER, G.H.: Passive vascular exercise in the treatment of peripheral circulatory disease; Surg.Gynec. and Obst. 59 (1934): 48o.

146 SHORT, J.: A simplified apparature for the application of suction and pressure to the lower extremities in peripheral vascular disease;
J.Amer.Med.Ass. 1o4 (1935): 1814.

147 SINKOWITZ, S.J. und GOTTLIEB, J.: The conservative treatment bei Bier's hyperemia suction apparatus;
J.Amer.Med.Ass. 68 (1917): 961.

148 SLAUCK, A.: Therapie herdbedingter Erkrankungen in Berücksichtigung unserer neuen Erkenntnisse vom Herdgeschehen;
Die Therapiewoche 1 (195o/51): 117.

149 SCHAEFER, H.: Elektrophysiologie;
Wien (194o).

15o SCHÄFFER, A. und SAUER, H.: Beitrag zur Balneotherapie peripherer Durchblutungsstörungen mit ansteigenden CO_2-Bädern;
Medizinische 1 (1957): 79.

151 SCHERF, D. und BOYD, L.I.: Herzkrankheiten und Gefässerkrankungen;
Verlag Springer, Wien (1955).

152 SCHETTLER, G.: Die Arteriosklerose in der Sicht des Klinikers;
Therapiewoche 7 (1956): 1o6.

153 SCHLECHT, H.: Die Behandlung Kreislaufkranker mit kohlensauren Bädern (CO_2-Teilbäder);
Med.Klin. 33 (1937): 1261.

154 SCHLIEPHAKE, E.: Physikalische Therapie der peripheren Durchblutungsstörungen;
Arch.phys.Therap. 7 (1955): 87.

155 SCHLIEPHAKE, E. und KAHLEIS, H.: Balneologie;
Therap.Gegenw. 94 (1955): 226.

156 SCHNEIDER, U.: Grundtatsachen der Balneotherapie;
Hippokrates 25 (1954): 343.

157 SCHNEIDER, U. und SEELENTAG, W.: Zur diagnostischen Bedeutung der Hautgefässreaktion nach Bindegewebsstrich;
Zs.Krankengymn. 2 (1950): 9.

158 SCHNELLE, K.W.: Experimentelle und klinische Untersuchungen über Kohlensäuregasbäder;
Arch.physik.Therap. 6 (1954): 258.

159 SCHOLTZ, H.G. und FEUSTEL, K.: Die Kohlensäuregasbehandlung;
Der Chirurg 10 (1938): 657.

160 SCHROEDER, W.: Methodik der fortlaufenden Messung des Venen-, Kapillar- oder Arteriolendruckes in der vorderen Extremität des wachen Hundes;
Zs.Biol. 103 (1950): 389.

161 SCHUHFRIED, F.: Brief vom 5.4.60 aus Wien.

162 SCHULZ, W. und AMELUNG, W.: Vergleichende Untersuchungen der wirksamen Faktoren des Kohlensäure-Gasbades;
Arch.physik.Therap. 9 (1957): 317.

163 SCHWENKENBECKER, A.: Kohlensäure-Teilbäder bei Störungen des peripheren Kreislaufs;
Der Balneologe 10 (1934).

164 STEINMETZ: Zeitschrift für Chirurgie und Augenheilkunde 20 (1833): 76.

165 STEWART, G.N.: The effect of bandaging of the legs on the rate of blood flow in the fest;
Arch.Int.Med. 19 (1917): 335.

166 TAKATS, G.de.: Preliminary report on treatment by alternating negative and positive pressure;
J.Amer.Med.Ass. 103 (1934): 1920.

167 TEIRICH-LEUBE, H.: Indikation und Technik der Bindegewebsmassage;
Therapiewoche 6 (1955): 471.

168 TRAMPEL: Zit. PARADE, Phys. Therap. 7 (1955): 118.

169 VÖLKER, R.: Über die Wirkung der Saug-Druck-Massage bei Gefäßstörungen der Gliedmassen; Arch.physik.Therap. 2 (1950): 81.

170 VÖLKER, R. und ROSTOSKY, E.: Über den therapeutischen Wert der Bindegewebsmassage bei Gefäßstörungen der Gliedmassen; Zs.Rheumaforsch. 8 (1949): 192.

171 WEISS, J.: Seminar der gesamten praktischen Physikotherapie; Verlag F. Enke, Stuttgart (1931).

172 WENGER, R., WICK, E. und KUHN, H.: Untersuchungen über die Durchblutung der Extremitäten nach dem Rauchen gewöhnlicher und mit Nikotinsäureamid vorbehandelter Zigaretten; Zs.Kreislaufforsch. 44 (1955): 29.

173 WIESNER, J.: Neuere Untersuchungen über Kohlensäuregasbäder; Arch.physik.Therap. 34 (1951): 172.

174 WILSON, C. und OGSTON, A.G.: Treatment of peripheral vascular disease by intermittand venous occlusion; Lancet 234 (1938/I): 606.

175 WITZLEB, E.: Über die Balneotherapie der peripheren Durchblutungsstörungen; Arch.physik.Therap. 7 (1955): 101.

176 ZETTLER, F.: Langfristige Untersuchungen bei arteriellen Durchblutungsstörungen der Beine; Therapiewoche 9 (1959): 568.

177 ZIPP, H.: Die periphere Pulswellengeschwindigkeit als Ausdruck der Gliesmassendurchblutung in Abhängigkeit vom Rauchen; Arch.physik.Therap. 10 (1958): 250.

178 ZIPP, H. und DIETRICH, G.: Über gefässerweiternde Massnahmen und Methoden zur Objektivierung ihrer Wirkung; Arch.physik.Therap. 7 (1955): 145.

179 ZURMÜHL, R.: Praktische Mathematik für Ingenieure und Physiker;
Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg (1957), 2. Auflage.

Herrn Professor Dr. H. v. B r a u n b e h r e n s und Herrn Professor Dr. U. S c h n e i d e r danke ich ergebenst für die Übernahme des Referates und die bei der Bearbeitung des gestellten Themas erwiesene Unterstützung.

Mein besonderer Dank gilt auch Herrn Diplom-Physiker Franz H i n d e l a n g für die Einführung in mathematisch-statistische Methoden.

L e b e n s l a u f

Am 3o. Dezember 1934 wurde ich als Sohn des Gutsbesitzers und Hauptlehrers Fritz Spelsberg in Hohenlimburg/Westfalen geboren. Nach dem Besuch der Volksschule in Berchum bei Hagen trat ich 1946 in das Neusprachliche und Mathematisch-naturwissenschaftliche Gymnasium in Lüdenscheid ein, nach dessen Absolvierung ich 1956 das Zeugnis der Reife erhielt.

Das Medizinstudium begann ich im Sommersemester 1956 an der Universität in Köln und setzte es ab Wintersemester 1956/57 an der Ludwig-Maximilians-Universität in München fort.

Im Sommersemester 1958 bestand ich in München die Ärztliche Vorprüfung. Nach dem ersten klinischen Semester in München (W.S. 1958/59) studierte ich ein Semester an der Universität in Wien und kehrte anschliessend wieder an die Universität in München zurück.

Die Ärztliche Prüfung legte ich in der Zeit vom 11. September bis 21. Dezember 1961 an der Universität München ab.

Seit 1958 bin ich mit der Journalistin Carola Spelsberg, geb. Pfaller verheiratet.